

---

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ-  
TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

Hornicko-geologická fakulta  
Institut environmentálního inženýrství

Účinnost čištění odpadních vod u malých domovních  
čistíren typu aktivace

Efficiency of Small Domestic Wastewater Treatment Plants with Activated  
Sludge

Diplomová práce

Autor:

Bc. Bohumila Petrůjová

Vedoucí práce:

Mgr. Iva Melčáková, Ph.D.

OSTRAVA 2015

---

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Bohumila Petružlová**

Studijní program: N2102 Nerostné suroviny

Studijní obor: 2102T006 Technologie a hospodaření s vodou

Téma: Účinnost čištění odpadních vod u malých domovních čistíren typu  
aktivace  
Efficiency of Small Domestic Wastewater Treatment Plants with  
Activated Sludge

Zásady pro vypracování:

1. Úvod a cíl práce
2. Literární přehled problematiky (Biologický typ čištění odpadních vod, Odstraňování fosforu a dusíku z odpadních vod)
3. Metody zpracování
4. Výsledky a diskuze
5. Závěr a doporučení

Seznam doporučené odborné literatury:


1. ALBUQUERQUE, A., J., MAKINIA and K., PAGILLA. Impact of aeration conditions on the removal of low concentrations of nitrogen in a tertiary partially aerated biological filter. Ecological Engineering, 2012, vol. 44, pp. 44-52.
2. DOHÁNYOS, Michal, Jan KOLLER a Nina STRNADOVÁ. Čištění odpadních vod. 2. vyd. • Praha: VŠCHT, 2007, 177 s. ISBN 978-80-7080-619-7.
3. KUČEROVÁ, Radmila, Peter FEČKO a Barbora LYČKOVÁ. Úprava a čištění vody. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2011, 108 s. ISBN 978-80-248-2389-8.
4. MALÝ, Josef. Chemie a technologie vody. 2., dopl. vyd. Brno: Ardec, 2006, xii, 331 s. ISBN 80-860-2050-9.
5. SLAVÍČKOVÁ, Kateřina a Marek SLAVÍČEK. Vodní hospodářství obcí 1: úprava a čištění vody. 2., přeprac. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2013, 199 s. ISBN 978-80-01-05390-4.
6. SEDLAK, Richard. Phosphorus and Nitrogen Removal From Municipal Wastewater, Principles and Practis. Second Edition: The Soap and Detergent Association, New York, 2012, 229 p. ISBN 0-87371-683-3.
7. SOJKA, Jan. Čistírny odpadních vod pro rodinné domy. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, a.s., 2013, 96 s. ISBN 978-80-247-4504-6.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Mgr. Iva Melčáková, Ph.D.**


Datum zadání: 31.10.2014

Datum odevzdání: 30.04.2015



---

doc. Dr. Ing. Radmila Kučerová  
vedoucí institutu



---

prof. Ing. Vojtech Dirner, CSc.  
děkan fakulty

## PROHLÁŠENÍ

Celou diplomovou práci, včetně příloh, jsem vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

Byla jsem seznámena s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).

Souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB -TUO.

Souhlasím s tím, že diplomová práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

Bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 30.4.2015

Bc. Bohumila Petrůjová



## PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala vedoucí své práce Mgr. Ivě Melčákové Ph. D. za ochotu, cenné rady, připomínky a čas věnovaný mému vedení. Také Ing. Martině Nováčkové a vedoucí laboratoře Jarmile Bílské za pomoc a vedení v laboratoři. V neposlední řadě děkuji Bc. Lukáši Klimšovi za spolupráci v laboratoři. Nakonec děkuji všem majitelům malých domovních čistíren za poskytnuté informace a spolupráci při odběrech vzorků odpadní vody.

## ANOTACE

V této diplomové práci byla posouzena účinnost čištění třech aktivačních typů malých domovních čistíren (dále MDČOV) na území obce Prlov. V literární části práce byly mimo jiné vysvětleny technologické procesy při aktivačním způsobu čištění odpadních vod. V experimentální části práce byly vytipovány místa odběru pro analýzu hydrochemických parametrů odpadních vod. Dále byly všechny výsledky analýz porovnány s platnou legislativou. Vybrané MDČOV byly následně porovnány mezi sebou v účinnosti čištění a na závěr bylo zhodnoceno možné znečištění recipientu- Prlovského potoka malými domovními čistírnami odpadních vod.

**Klíčová slova:** malá domovní čistírna odpadních vod, lokalita, technologické procesy, hydrochemické parametry, legislativa, účinnost čištění, recipient.

## ANNOTATION

This master thesis is reviewing efficiency of purification of the three types of a Small Domestic Wastewater Treatment Plants (SDWTP) on the territory of Prlov village. In the literary part of this work among others were explained a technological processes during the activated way of purification of the wastewater. In the experimental part of this work were predicted the sampling sites for analysis of a hydrochemical parameters wastewater. All results of this analysis were compared with a valid legislation. Selected SDWTP were compared among each other in the efficiency of the purification and finally a possible pollution of the recipient (Prlov stream) by the small domestic wastewater treatment plants were evaluated.

**Keywords:** Small Domestic Wastewater Treatment Plant, location, technological processes, hydrochemical parameters, legislation, efficiency of the purification, recipient

---

## **OBSAH**

<b>1</b>	<b>ÚVOD A CÍL PRÁCE.....</b>	<b>1</b>
1.1	Hlavní cíle diplomové práce.....	1
<b>2</b>	<b>LITERÁRNÍ PŘEHLED PROBLEMATIKY.....</b>	<b>3</b>
2.1	Legislativa.....	3
2.2	Způsoby čištění odpadních vod.....	5
2.2.1	Biologický typ čištění odpadních vod- Aktivace.....	7
2.2.2	Způsoby odstraňování celkového fosforu a dusíku..	11
<b>3</b>	<b>METODY ZPRACOVÁNÍ.....</b>	<b>13</b>
3.1	Výběr lokality.....	13
3.2	Charakteristika odběrových míst a popis MDČOV.....	15
3.3	Odběr vzorků.....	21
3.4	Stanovení vybraných hydrochemických parametrů.....	22
3.5	Vyhodnocení vybraných hydrochemických parametrů.....	27
<b>4</b>	<b>VÝSLEDKY A DISKUZE.....</b>	<b>31</b>
4.1	Srovnání účinnosti čištění a znečištění.....	31
4.1.1	Teplota.....	31
4.1.2	Hodnota pH.....	33
4.1.3	Elektrolytická konduktivita.....	34
4.1.4	Obsah rozpuštěného kyslíku .....	36
4.1.5	CHSK <sub>Cr</sub> .....	38
4.1.6	BSK <sub>5</sub> .....	40
4.1.7	Celkový fosfor.....	42
4.1.8	Amoniakální dusík.....	44
4.1.9	Dusitanový dusík.....	47
4.1.10	Dusičnanový dusík.....	49
4.1.11	Celkové látky.....	52
4.1.12	Nerozpuštěné látky.....	53
4.1.13	Rozpuštěné látky.....	54
4.1.14	Poměr BSK: CHSK.....	56
4.2	Srovnání možného znečištění Prlovského potoka.....	58
<b>4</b>	<b>ZÁVĚR A DOPORUČENÍ.....</b>	<b>63</b>

---

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

AKVAnov	Akvatik VH 6 nová
AKVAstar	Akvatik VH 6 starší
BSK <sub>5</sub>	biologická spotřeba kyslíku
CE	certifikace výrobku
EKOL	Ekol 4
EO	ekvivalentní obyvatel
CHSK <sub>Cr</sub>	chemická spotřeba kyslíku
MDČOV	malá domovní čistírna odpadních vod
NEK- RP	norma environmentální kvality vyjádřená jako celoroční průměrná hodnota
NL <sub>105</sub>	nerozpuštěné látky
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	amoniakální dusík
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	dusitanový dusík
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	dusičnanový dusík
NV	nařízení vlády
P <sub>celk</sub>	celkový fosfor
RL <sub>105</sub>	rozpuštěné látky sušené
SBR	Seguencing Batch Reactors
UASB	Upward- flow Anaerobic Sludge Blanket

---



# 1 ÚVOD A CÍL PRÁCE

Otázka jak likvidovat odpadní vodu z malých zdrojů znečištění je velmi aktuální. Jedním z důvodů je, že se majitelé nemovitostí nemohou napojit na veřejnou kanalizaci, nebo se veřejná kanalizace v tomto místě ještě nenachází. Díky tomu přicházejí na řadu jiná řešení. Majitelé nemovitostí si mohou pořídit jímku, vývozovou žumpu, nebo MDČOV. Záleží také na umístění nemovitosti v rámci toku. V případě, že je únosná kapacita recipientu přetížena vodoprávní úřad již výjimku na přepadovou jímku nedává. V místě vzniku majitelé mohou tedy odpadní vody likvidovat buď individuálně na jedné MDČOV, nebo hromadně (několik objektů se připojí na malou čistírnu). Ve všech případech rozhoduje cena (investiční i provozní náklady), jakou je ochoten majitel nemovitosti zaplatit. Pokud se majitel rozhodne investovat do MDČOV, měl by zhodnotit, zda se v blízké době neplánuje odkanalizování dané lokality a také by měl přihlédnout k otázce certifikace MDČOV [3] [5] [23]

V obci Prlov nedošlo zatím k odkanalizování dle zákona 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích ve znění pozdějších předpisů. Problematika odkanalizování se v obci řeší již několik let a existuje mnoho projektů s návrhy na odkanalizování obce Prlov. Žádný však nebyl doposud realizován. Z tohoto důvodu se v obci nachází řada septiků a MDČOV.

Tato diplomová práce by měla posoudit účinnost čištění u třech aktivačních MDČOV, a to s certifikací a bez, které jsou svedeny do recipientu Prlovského potoka.

Respondenti, osloveni již ve zmíněné bakalářské práci se vyjádřili kladně k průzkumu účinností čištění u jejich MDČOV a souhlasili s odběry a zpracováním hydrochemických parametrů odpadních vod jak na vtoku do MDČOV, tak na výtoku.

Tato práce má také napomoci, zdali dochází ke znečištění Prlovského potoka. [2]

## 1.1 Hlavní cíle diplomové práce

Mezi hlavní cíle této práce patří:

- 1) Výběr vhodné lokality na základě výsledků z bakalářské práce.

- 2) Volba typu technologie pro co nejlepší zmonitorování účinností čištění odpadní vody.
- 3) Odběr a analýza hydrochemických parametrů vzorků odpadních vod na vtoku do MDČOV, tak i na výtoku. [1]
- 4) Zhodnocení dosažených výsledků a jejich následné orientační porovnání s nařízením vlády č. 23/2011 Sb. [21]
- 5) Porovnání MDČOV mezi sebou dle dosažených účinností čištění.
- 6) Porovnání emisních standardů vzorků odpadní vody.
- 7) Porovnání míry znečištění Prlovského potoka (imisní strategie).

## 2 LITERÁRNÍ PŘEHLED PROBLEMATIKY

### 2.1 Legislativa

Splaškové vody jsou obecně odpadní vody z domácností. Obsahují velké množství proteinů (bílkovin), lipidů, sacharidů, síranů, dusíku (amoniakálního, dusitanového, dusičnanového), fosforečnanů a podobně. Základním parametrem, který posuzuje znečištění odpadních vod od obyvatel je specifická produkce. Tato produkce odpadní vody bývá kolem 150 litrů na jednoho obyvatele na den. V dnešní době je snaha tyto vody vyčistit co nejlépe. Pokud dosud nedošlo k odkanalizování obce, nebo její části, může si majitel nemovitosti pořídit MDČOV, vývozovou žumpu nebo septik. Výběr závisí na povolení vodoprávního úřadu. S touto problematikou je spojená stále se zpříšňující legislativa. [2] [4]

Ve vodním zákoně č. 254/2001 sb. ve znění pozdějších předpisů jsou udány všechny podmínky zneškodňování vyčištěných odpadních vod. V souladu s vodoprávním úřadem je povinen majitel dodat výsledky měření míry znečištění vodoprávnímu úřadu, správci povodí a pověřenému odbornému subjektu. Vodoprávní úřad stanoví četnost předkládání těchto výsledků, způsob měření a také místo odběru. [1] [19]

Hodnocení možného znečištění recipientu řeší nařízení vlády 23/2011 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech ve znění nařízení vlády č. 229/2007 Sb. ve znění pozdějších předpisů. Toto nařízení také udává četnost a způsob odběru vzorků vyčištěné odpadní vody. Také se zabývá hydrochemickými parametry pro jednotlivé čistírny odpadních vod pro různý počet EO. [21]

Legislativa, a to „ČSN EN 12566-3+A2 Balené a/ nebo na místě montované domovní čistírny odpadních vod“ řeší i certifikaci čistíren. Tato vyhláška platí pro MDČOV do 50 EO. Certifikovaný výrobek prokázal shodu s technickou specifikací NV 251/2003 Sb., požadavky na stavební výrobky označené CE, kterým se mění některá nařízení vlády k provedení zákona 22/1997 o technických požadavcích na výrobky (příloha č. 1 certifikát CE). Štítek v příloze č. 1 dodává dodavatel k dokumentaci výrobku. Účinnost čištění je stanovena pro kategorie certifikace CE výrobku pro vodní díla. Tato vodní díla

jsou ohlašovaná podle § 15a vodního zákona na dobu neurčitou. Proto se nemusí majitel připojit na veřejnou kanalizaci v případě jejího vybudování. U certifikovaných čistíren odpadních vod se stanovuje účinnost čištění do několika kategorií [1] [3] [24] [25]

**Kategorie I-** je určena pro běžné vypouštění vyčištěných odpadních vod do vod povrchových. Tento certifikát se udává pro většinu MDČOV v lokalitách, kde nedojde k překročení normy environmentální kvality dle NV 23/2011 Sb. ve znění pozdějších předpisů. Minimální přípustná účinnost čištění v % dle tabulky č. 1.

**Kategorie II** - Vzhledem ke zvýšené ochraně povrchových vod je nutná vyšší účinnost odstranění amoniakálního dusíku (nitrifikace) a uhlíkatého znečištění u MDČOV. Tyto čistírny musí garantovat dostatečné stáří kalu, například musí mít nosič biomasy.

**Kategorie III** - Přísnější požadavky jsou pro vypouštění vyčištěných odpadních vod do vod pro vodárenské účely. Zde se požaduje vyšší účinnost odstranění celkového fosforu a dusíku. MDČOV musí být vybaveny odděleným prostorem pro akumulaci kalu. Způsob čištění je stejný jako u kategorie II, ale musí být doplněn případně o membránovou filtraci, nebo podobný účinnější stupeň čištění.

**Kategorie PZV-** Jedná se o kategorii, kde se vyčištěné odpadní vody vypouští do vod podzemních, používají se pro zalévání, mytí nebo splachování. Zde se také vztahují příslušné legislativní předpisy NV 416/2010 Sb. ve znění pozdějších předpisů. Tato čistírna musí být technologicky na nejlepší úrovni a být vybavena hygienickým zabezpečením (UV, membránová filtrace apod.). [20]

Naopak necertifikované MDČOV musí projít stavebním řízením, to je stavebním povolením na dobu určitou (10 let). Dále je majitel tohoto výrobku povinován odevzdávat k přezkoumání hydrochemické parametry odpadní vody vypouštěné do recipientu. V případě odkanalizování se majitel necertifikované MDČOV musí připojit v rámci veřejné kanalizace na rozdíl od vlastníka certifikované čistírny. Důležitou roli hrají svahové a jiné poměry, díky kterým je možné ponechat si i necertifikovanou MDČOV bez připojení na veřejnou kanalizaci. [1] [22] [24] [25]

V případě zasakování vyčištěných odpadních vod po podloží (kategorie PZV) existují kritéria dané nařízením vlády č. 416/2010 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění odpadních vod a náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod

do vod podzemních ve znění pozdějších předpisů. Tento zákon udává způsoby zasakování v rámci podloží a maximální možné znečištění podzemních vod. [1] [20]

Nové trendy v čištění odpadních vod zaručují velký výběr technologií. Různé firmy konstruují MDČOV obdobným způsobem. Vedou je k tomu tuzemské normy, které se přiklání k ověřenému řešení čistíren. Např. ČSN 75 6402 pro projektování domovních čistíren do 500 EO. Co se týká zahraničních norem, je tato problematika nejlépe řešena v Německu. V německých normách na rozdíl od ČR jsou použita různá doporučení (např. IfBT Berlin Nr. PA- I 3601) týkající se přímo malých domovních čistíren odpadních vod typu aktivace. Z tohoto doporučení vyplývá, že:

- provozní koncentrace aktivovaného kalu musí být menší než  $4 \text{ kg/m}^3$
- provozní oxigenační kapacita musí být větší nebo rovna 2,5.
- zatížení kalu dle  $\text{BSK}_5$  musí být menší nebo rovno  $0,05 \text{ kg/kg. D}$
- provozní koncentrace rozpuštěného kyslíku má být  $2 \text{ mg/l}$

Provozní koncentrace Norma A122 se vztahuje k čistírnám odpadních vod od 50 do 500 EO, ale používá se také pro méně EO. Pro skupinu MDČOV do 50 EO se používají ustanovení IfBT Berlin Nr. PA- I 3601. Dále existuje norma technického řešení, není však odlišná od našich parametrů (DIN 4261). [2]

## 2.2 Způsoby čištění odpadních vod

Kvalita čištění odpadní vody závisí na mnoha faktorech. Jedná se zejména o dobu zdržení, teplotu a látkové zatížení. V našem případě hraje důležitou roli i používání ekologických čisticích prostředků (snadno biologicky rozložitelných). Tyto prostředky neničí podstatu biologického procesu na MDČOV. Mikroorganismy a jejich enzymy v aktivační části MDČOV napomáhají k rozkladu a likvidaci látek obsažených v odpadní vodě. [2]

Samotné způsoby čištění odpadních vod se dělí do dvou kategorií. Jedná se o aerobní proces (s přístupem vzduchu) a anaerobní proces (bez přístupu vzduchu). Aerobní proces v našich podmínkách bývá nejčastějším řešením likvidace odpadních vod. [9] Biologickým čištěním odpadních vod v aerobních podmínkách dochází k rozkladu

substrátu vlivem aerobních mikroorganismů. Rozklad organických látek je zajištěn oxidačními procesy za přítomnosti molekulárního kyslíku. Procesem rozkladu získávají mikroorganismy energii ke stavbě buněčné hmoty. Dále potřebují ke svému růstu biogenní prvky. Ty lze získat z vnějšího prostředí, nebo z organického substrátu. Mezi závěrečné produkty tohoto rozkladu patří oxid uhličitý a voda. [6] [10] [13]

Mezi nejčastější aerobní způsoby biologického čištění odpadních vod patří aktivační proces. Aktivační čistírny odpadních vod bývají různého technického provedení. Existují různé varianty těchto systémů. Moderní způsoby likvidace odpadních vod řeší rozdělení biologického stupně na tyto části- selektory, regeneraci kalu a předřazenou denitrifikaci. Klade se velký důraz na biologické odstraňování dusíku a fosforu.

Také biofilmové procesy se řadí mezi biologické čištění odpadních vod. Jedná se o biofiltry, biodisky nebo nosiče biomasy. Také existují modifikace aktivačních procesů (jedná se o SBR reaktory, aktivaci s bionosičem a aktivaci s membránovou filtrací).

Přechodem mezi aerobními a anaerobními procesy bývají extenzivní způsoby čištění odpadních vod. Zde patří kořenové čistírny odpadních vod, zemní pískový filtr a zemní infiltrační systém. Dalším typem kombinovaných technologií jsou biologické očišťovací nádrže (biologické rybníky). Tyto způsoby likvidace vyčištěných odpadních vod probíhají v půdním, vodním případně mokřadním prostředí. Nahrazují nám přírodní samočisticí procesy. Vyznačují se jednoduchým stavebním provedením. Používají se pro málo znečištěné odpadní vody a zabírají velkou plochu. Tyto MDČOV nespadají pod výrobky CE ve smyslu § 15 vodního zákona. [3] [19] [16]

U anaerobních způsobů čištění se může jednat o šterbinové nádrže (emšerské), zemní filtry, IC reaktory a UASB technologie. Principem anaerobního čištění odpadních vod je mikrobiální rozklad biomasy. Produkty metabolismu jedné skupiny mikroorganismů jsou substrátem pro další skupinu. Rozklad složitých organických sloučenin probíhá působením extracelulárních enzymů. Hydrolytickým účinkem enzymů dochází ke štěpení (např. proteiny na aminokyseliny). Při dalším rozkladu acidogenezi vznikají vyšší mastné kyseliny (máselná, propionová, octová) a je produkován vodík. Dále pokračuje proces acedogeneze, kde je také produkován vodík. Posledním stupněm rozkladu je metanogeneze, kde se rozkládají organické látky za vzniku methanu a oxidu uhličitého. Tento proces je vhodný ve velké míře pro stabilizaci čistírenských kalů. V malé míře se

používá u rodinné zástavby, případně v chatových oblastech jako jediný způsob čištění odpadních vod.

Anaerobní způsob čištění odpadních vod má určité výhody proti aerobnímu způsobu. Hlavním rozdílem je menší spotřeba elektrické energie, nízká produkce biomasy a významným produktem je bioplyn. Nevýhodou je dlouhá doba zpracování procesu, citlivost metanogenních bakterií vůči vnější teplotě, menší reakční rychlost vyžadující větší objem nádrže. Dále nedokáže odstraňovat fosforečnany ani  $\text{N-NH}_4^+$ . [1] [7] [11] [14] [16] [21]

### **2.2.1 Biologický typ čištění odpadních vod- Aktivace**

Nejužívanějším způsobem čištění odpadních vod se stala aktivace. Provzdušňovaná aktivační nádrž udržuje mikroorganismy ve vznosu. Aktivační nádrž se skládá z aerovaného reaktoru a dosazovací nádrže. V aerované nádrži dochází k čištění odpadní vody a také k produkci aktivovaného kalu. Obě složky se od sebe oddělí v dosazovací nádrži sedimentací. Vyčištěná odpadní voda je dále vypouštěna do recipientu a aktivovaný kal se vrací zpět do aktivační nádrže. Aby docházelo k aerobním podmínkám, musí být do nádrže přiváděn vzduch. Z tohoto důvodu se používají různé aerační elementy (jemnobublinná aerace). Bubliny také zaručují promíchání nádrže. Dochází k dobrému kontaktu odpadní vody a aktivovaného kalu. Aktivovaný kal má bohaté složení různých druhů bakterií. Jedná se o plísňe, kvasinky, vláknité mikroorganismy a prvoky. Problematické je vláknité bytnění, které způsobují vláknité, špatně sedimentující bakterie. [12]

Samotná aktivace může fungovat v jednotlivých zátěžových systémech. Jedná se o nízko zatíženou, středně zatíženou a vysoko zatíženou aktivaci. První dva systémy lépe odbourávají organické znečištění. Tyto systémy produkují rozdílný kal. Nízko zatížené systémy produkují stabilizovaný kal. U středně zatíženého systému se musí kal stabilizovat ve vyhnívací nádrži. U vysoko zatíženého systému nesmí být překročena hranice zatížení, nebo může dojít až k zhroucení systému. Zatěžovací parametry aktivace jsou obvykle 0,05 kg/kg.d, při použití oddělené aerobní stabilizace je zatížení kalu 2 až 3x vyšší. Zatížení dosazovací části nádrže nepřesahuje 1,0 m/h. [2] [15]

Malé zdroje znečištění se vyznačují velkou nerovnoměrností látkového i hydraulického zatížení. Z tohoto důvodu jsou používány technologie s velkou odolností vůči nárazovému zatížení a s velkou akumulací schopností MDČOV. Jako hlavní čistírenská technologie MDČOV se prosadil nízkozatěžovaný aktivační proces, který vytlačil ostatní technologie. [2]

Výroba malých aktivačních čistíren odpadních vod byla spojena s nedostupností kvalitních zdrojů vzduchu. Nejprve byla používána mechanická povrchová aerace nebo neefektivní ejektory. Později byly do aktivace přidávány komponenty z dovozu (jemnobublinné aerační elementy, malá čerpadla znečištěných vod a mělníci čerpadla). [2]

Pro aktivační MDČOV je dále nejvýhodnější (z cenových důvodů) používání jednonádržové provedení. Hrubé předčištění i aktivační část jsou umístěny v jedné nádrži, dělené příčkami. Důležité jsou však také zkušenosti s provozem. Vhodnou technologií pro aktivační MDČOV, dle předchozích zkušeností, je i hrubé předčištění v septiku a vlastní biologická jednotka skládající se z aktivačního a dosazovacího prostoru. V septiku se zachytí plovoucí látky a tím nahrazuje jemné česle. Septik slouží také jako anaerobní stabilizace přebytečného kalu. Toto provedení je sice finančně náročnější, ale celý systém má vyšší účinnost čištění. [2] [16]

Postupný vývoj MDČOV vylepšoval aktivační proces o různé modifikace. Pokrok ve vývoji byl příznivý zvláště pro výrobce MDČOV. Řada z nich věnovala značné náklady do výroby nových, nebo licenčních typů. Zahraniční výrobci se v tomto směru spíše uplatňují jako dodavatelé komponentů pro stavbu MDČOV. Modifikace slouží k intenzifikaci aktivačního procesu. Jedná se zejména o SBR reaktor, aktivaci s bionosičem a aktivaci s membránovou filtrací. [2] [14]

SBR reaktor pracuje s aktivací se sekvenčním fázovým reaktorem. Čistírna má pouze dvě části a to část usazovací a aktivační. Aktivační část MDČOV se používá také na separaci suspendovaných látek. Usazovací prostor slouží jako akumulací jímka a jímka pro anaerobní stabilizaci kalu. Všechny procesy (plnění, provzdušňování, usazování) na sebe navazují v reaktoru. [15]

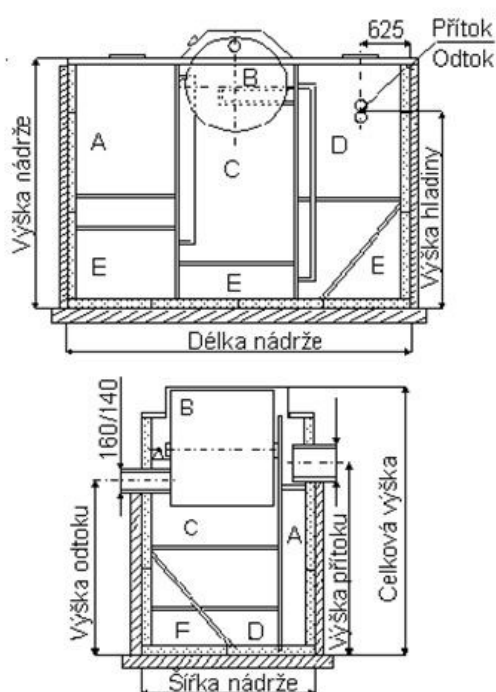
Aktivace s bionosičem je další variantou modifikačních technologií. Bionosiče jsou v aktivační nádrži přítomny ve formě plastových elementů s vysokým měrným povrchem.



Toto řešení umožňuje zmenšení rozměrů aktivační nádrže, při stejné účinnosti čištění odpadní vody. [3]

Aktivace s membránovou filtrací patří mezi novodobé technologie. Membrána je osazena do aktivačního prostoru. Nahrazuje tím dosazovací nádrž. Membrána se regeneruje nejčastěji chemicky. Výhodou je, že nepropouští bakterie a viry, proto je možné takto vyčištěnou vodu dále používat pro závlahy. [1]

Mezi zástupce aktivačních čistíren na Valašsku patří DČOV Ekol 4 (obr. 1). Jedná se o MDČOV z mého výzkumu (EKOL). V jedné aktivační nádrži se nachází jak sekce biologická, tak mechanická. V dvoukomorové usazovací části dochází k prosté sedimentaci a flotaci lehkých částic. U dna se nachází kalový prostor, sloužící k zahuštění a uskladnění kalu. V biologické sekci se pohybují mikroorganismy jak ve vznosu, tak přisedlé na ploše biokontaktoru. Jedná se o metodu TF/SC. Biózona je propojena s kalovým prostorem a je tímto plynule odkalována. Odtokové potrubí má světlost 160 cm. Je navrhována pro 4 EO. Nádrž je nápadná svou velikostí a oválným tvarem. Jedná se o nejstarší MDČOV z mého výzkumu. Výrobce zaručuje účinnost čištění 92- 95 %. Tato čistírna nevlastní certifikát CE.[1] [29]

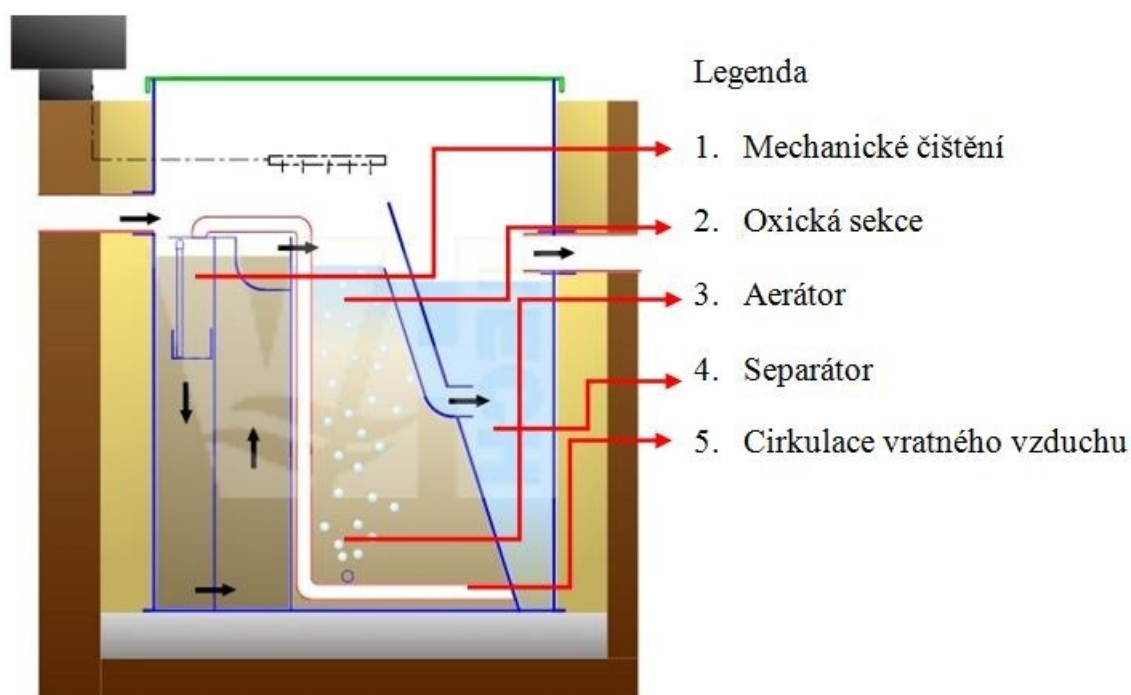


Legenda:

1. Mechanické čištění
2. Biologické čištění
3. Biozóna
4. Dosazovací prostor
5. Usazovací prostor

Obr. 1 MDČOV Ekol 4 [29]

Mezi další čistírnu z mého výzkumu patří MDČOV Akvatik VH 6 (AKVAnov, AKVAstar obr. 2). Mechanické nečistoty se zachycují v usazovací části pomocí sedimentace případně flotace. Splaškové vody postupují oxickou sekcí. Zde za pomoci aerátorů zásobujeme mikroorganismy kyslíkem. Ty odstraňují biologické znečištění. Po sekci oxické následuje separátor. Vločky kalu ztrácejí kinetickou energii a zároveň rostou. Vytváří se kalový mrak, který slouží jako filtr drobných nečistot z proudící vody. Kal zachycený v separátoru dále cirkuluje do aktivace. Tato technologie je vysoce účinná na odbourávání biologického znečištění a nejsou potřeba velké investiční náklady. Provoz čistírny je plně automatizován (programátor na bázi mikropočítače). Automatizace čistírny je důležitá hlavně na chatách, kde je provoz přerušován. Tím dochází k úspoře elektrické energie. V mnoha případech je čistírna dodávána i se záchytnou jímkou o objemu 2,1 kubíku. Na území Valašska se však záchytné jímky u MDČOV nenachází. Samotná nádrž je oproti MDČOV Ekol 4 kulatá a rozměrově menší. Tato technologie je doporučována do 6 EO a náleží jí certifikát CE. [1] [27] [32]



Obr. 2 MDČOV Akvatik VH 6 [32]

### 2.2.2 Způsoby odstraňování celkového fosforu a dusíku

Jedná se o biologické odstraňování nutrientů v aktivačních systémech. Pod pojmem nutrienty v odpadních vodách rozumíme anorganické sloučeniny dusíku a fosforu. Zvýšená přítomnost těchto sloučenin v odpadních vodách může vést ke zhoršenému kyslíkovému režimu, eutrofizaci toku a toxicitě amoniaku (jeho nedisociované formy) na vodní organismy. Z tohoto důvodu vodoprávní úřady předepisují povolené koncentrace vypouštěného zbytkového znečištění (dusíku a celkového fosforu) do povrchových vod. [9]

Čistírenské technologie mají své meze (technické a ekonomické) při odstraňování nutrientů, které nemohou překračovat. Proto se aktivační proces MDČOV modifikuje a vylepšuje. Odstraňování nutrientů, dusíku a fosforu, se stalo součástí mnoha čistíren odpadních vod. Zvedly se však investiční a provozní náklady na samotnou čistírnu. V praxi existuje mnoho nadčasových úprav, avšak výhodou je vysoká účinnost čištění při technologické jednoduchosti celého systému. [9]

Denitrifikace je proces, ke kterému dochází za anoxických podmínek. Dochází k biochemické redukci dusičnanového dusíku a dusitanového dusíku na plynný dusík. Tento mikrobiální proces je důsledkem metabolické činnosti chemoorganotrofních aerobních bakterií. Nitrifikační proces zahrnuje mikrobiální proces přeměny amoniakálního dusíku na dusičnany, případně dusitany za přítomnosti molekulárního kyslíku. [9] [18]

U MDČOV se v praxi setkáváme výlučně s technologií aktivačních procesů s nízkozatíženou aktivací. Tento proces lze specifikovat nízkým zatížením kalu ( $0,05 \text{ kg BSK}_5/\text{kg.d}$ ) při vysokém stáří kalu (25 dnů). Tyto zatěžovací parametry jsou zárukou vysokého účinku čištění uhlíkatého znečištění ( $\text{BSK}_5$ , a  $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$ ) a při dostatku kyslíku i celoroční nitrifikaci. Výhodou aktivačních čistíren je dobře zvládnutý proces denitrifikace oproti systému s biomasou na nosičích. [2]

U MDČOV není vydělován speciální prostor pro nitrifikaci a denitrifikaci. Problematika denitrifikace je řešena přerušovaným chodem dmychadla (aerací). Během denitrifikační fáze není obsah aktivace míchán. [2]

Fosfor se vyskytuje v metabolismech především ve fosfátové formě (fosforečnany), vylučovaných močí. Specifická produkce bývá vyšší, než odpovídá produktům metabolismu. Značný podíl fosforu je obsažen v polyfosfátech, které bývají součástí čisticích prostředků v domácnosti. [2] [17]

V aktivačních systémech se celkový fosfor odstraňuje směsnou mikrobiální kulturou s různou pestrostí druhů bakterií. Tyto bakterie jsou označovány jako poly-P bakterie (polyfosfát kumulující). Proto musí být v MDČOV nastoleny podmínky pro růst a množení těchto bakterií. Pokud bude tento systém fungovat, může fosfor v sušině aktivovaného kalu dosahovat hodnot cca 9-10 %. [17]

Fosfor lze odstraňovat filtrací, která není běžně součástí MDČOV. Systém filtrace odstraňuje fosfor jako vedlejší produkt. Slouží především k separaci nerozpuštěných látek. Do systému je filtrace dodána pouze v případě potřebného snížení fosforu ve vyčištěné odpadní vodě. Jedná se o případ vypouštění vyčištěných odpadních vod do málo vodného toku, nebo zasakování do vod podzemních. Převratné jsou v této problematice membránové technologie přidávané do aktivačního procesu. V této technologii je důležité dobré mechanické předčištění, aby se membrána nezacpávala. [2] [17] [18]

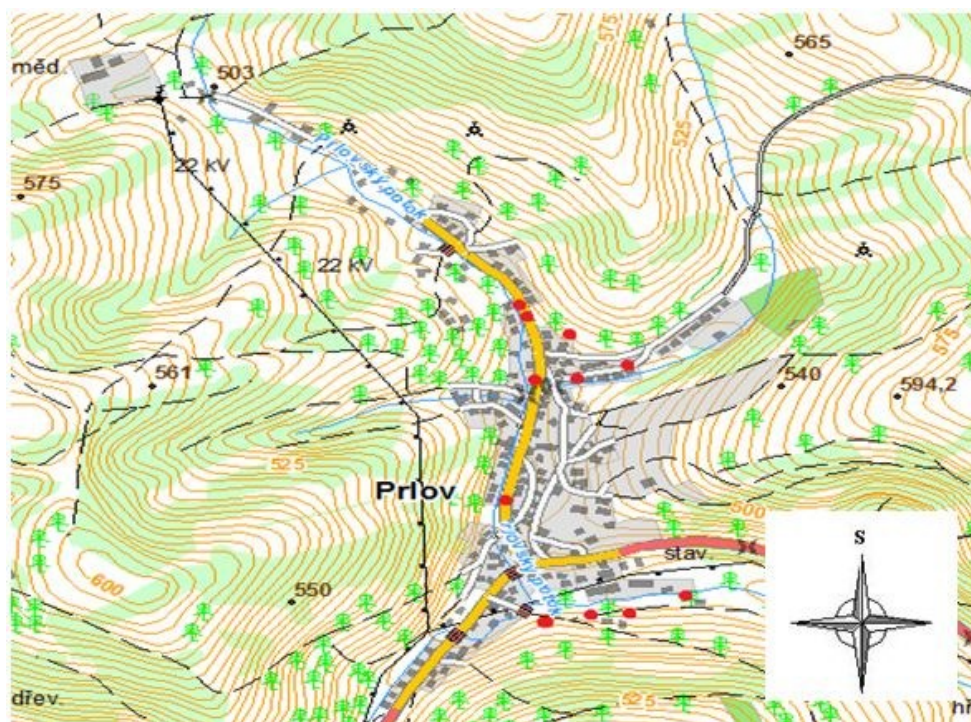
### 3 METODY ZPRACOVÁNÍ

Cílem této práce bylo zjistit účinnost čištění MDČOV typu aktivace. K tomuto účelu byly porovnány tři MDČOV. Ty se lišily jiným datem uvedení do provozu, výrobcem a vlastnictvím certifikace. Jednalo se o dvě čistírny typu AKVAstar a AKVAnov vlastníci certifikát CE. Dále se jednalo o jednu čistírnu EKOL bez certifikace. Čistírny AKVAstar a AKVAnov měly stejného výrobce na rozdíl od MDČOV EKOL. Roku 2003 byla uvedena do provozu MDČOV EKOL, dále roku 2005 čistírna AKVAstar a roku 2008 čistírna AKVAnov.

Všechny MDČOV se nacházely na katastrálním území obce Prlov a jejich majitelé byli již osloveni v rámci bakalářské práce. MDČOV byly svedeny do stejného recipientu, a to Prlovského potoka.

#### 3.1 Výběr lokality

Výběr lokality s MDČOV pro monitoring účinnosti čištění byl podložen výsledky z bakalářské práce, ve které byly monitorovány MDČOV v obci Prlov. Na území obce Prlov byla prozkoumána dostupnost jednotlivých čistíren a zhodnoceny typy technologií čištění. Bylo zjištěno, že na území obce Prlov se nachází 11 dostupných MDČOV, většinou s aktivačním typem čištění (obr. 3). Část MDČOV je svedena do Prlovského potoka a část do toku Pozděchůvky. Z počtu 11 MDČOV byly vybrány dvě čistírny aktivačního typu čištění a shodné značky (obr. 6-7, Akvatik VH 6, dále v textu pod označením AKVAnov a AKVAstar). Dále byla vybrána jedna čistírna odlišné značky (obr. 8 Ekol 4) pro lepší srovnání účinností čištění. Všechny tři čistírny byly zaústěny do Prlovského potoka.



Obr. 3 MDCOV na území obce Prlov značeny červeně 1:12000 [www.ikatastr.cz]

Prlovský potok je levostranným přítokem potoka Pozděchůvky a jak již bylo výše uvedeno, nachází se v obci Prlov. Prlov se rozkládá ve Zlínském kraji, bývalém okresu Vsetín. Území obce Prlov se nachází v místě Vsetínských vrchů (eocén). Geologický potenciál krajiny tvoří magurský flyš. Magurské flyšové pásmo se projevuje častými skalními sesuvy. Zemina je převážně složena vápnitým jílem a glaukonitickými pískovci. V oblasti této obce se vyskytují minerální vody bohaté na sirovodík. [28]

Prlovský potok je v horní části přirozeně meandrující s občasným krátkým zatrubněním v rámci přemostění. Podél toku se nachází půdy aluviálního typu. Před vtokem do toku Pozděchůvky je částečně zregulován. Koryto je vydlážděno lomovým kamenem po celé svojí výšce (obr. 4). Výškové rozdíly na toku překonává několik betonových splavů. [1] [30]





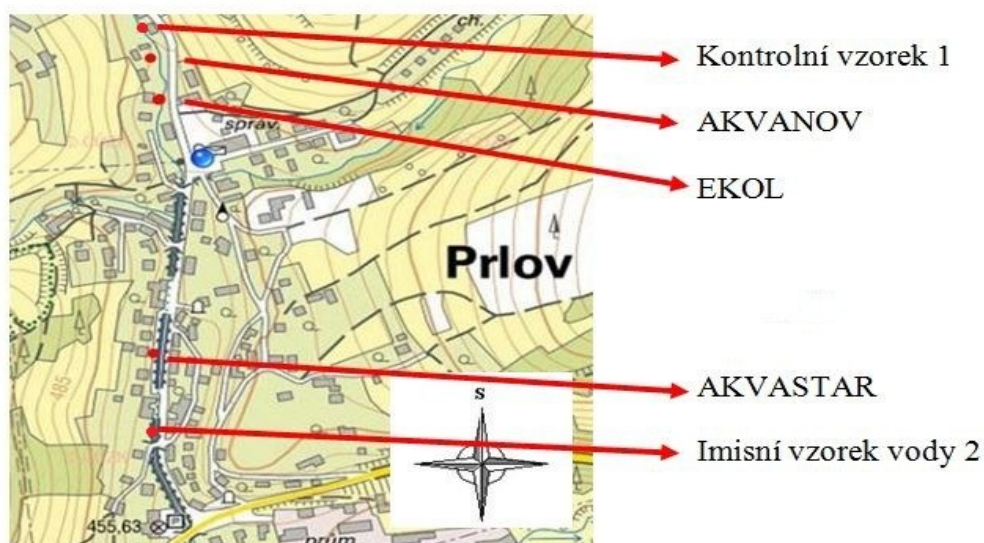
Obr. 4 Regulace Prlovského potoka [Bohumila Petružiová]

Část Prlovského potoka pod MDČOV AKVAnov protéká Přírodní památkou Prlov, která je charakteristická chráněnými druhy rostlin. Mezi chráněné druhy, které se vyskytují v nadmořské výšce kolem 500 m, patří např. ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius*), vemeníček zelený (*Coeloglossum viride*), modřenec chocholatý (*Muscari comosum*), vstavač bledý (*Orchis pallens*) a prstnatec Fuchsův (*Dactylorhiza fuchsii*). Na malé ploše pod čistírnou EKOL se také vyskytuje mokřadní vegetace svazu *Calthion* s prstnatcem májovým (*Dactylorhiza majalis*) a blatouchem bahenním (*Caltha palustris*).

V horních částech toku je velmi rozšířeno zemědělství (zejména chov dobytka), proto se dá předpokládat kromě bodového i plošné antropogenní znečištění. [1] [30] Díky významnému bodovému a plošnému znečištění je v dolních částech Prlovského potoka malý výskyt ryb.

### 3.2 Charakteristika odběrových míst a popis MDČOV

Majitelé vybraných MDČOV byli kontaktováni a byl jim podán návrh na zmonitorování jejich aktivačních MDČOV. Dvě z vybraných MDČOV se nacházely nad úsekem regulace (EKOL, AKVAnov) a jedna v úseku regulace Prlovského potoka (AKVAstar obr. 5).



Obr. 5 Vybrané MDČOV značeny červeně 1:12000 [www.ikatastr.cz]

Nejstarší MDČOV, dle data uvedení do provozu byla čistírna EKOL (obr. 6). Další v pořadí byla MDČOV AKVASTAR (obr. 7) a poslední byla uvedena do provozu čistírna AKVANOV (obr. 8). V případě čistíren AKVASTAR a AKVANOV se jednalo o certifikované MDČOV. Čistírna EKOL neměla certifikaci.

Vzorky pro analýzu byly odebírány vzorky z 8 odběrových míst. Na toku byly pro posouzení znečištění toku odebírány vzorky nad MDČOV a pod MDČOV. Dále pro zhodnocení účinnosti čištění byly odebírány vzorky ze tří odběrových míst, která se nacházela na přítoku do čistírny odpadních vod:

- vtAKVANOV Vzorek odebraný na vtoku do MDČOV Akvatik VH 6 nová
- vtEKOL Vzorek odebraný na vtoku do MDČOV Ekol 4
- vtAKVASTAR Vzorek odebraný na vtoku do MDČOV Akvatik VH 6 starší

Další 3 odběrová místa se nacházela na výtoku z MDČOV:

- vyAKVANOV vzorek odebraný na výtoku z MDČOV Akvatik VH 6 nová
- vyEKOL vzorek odebraný na výtoku z MDČOV Ekol 4
- vyAKVASTAR vzorek odebraný na výtoku z MDČOV Akvatik VH 6 starší



Další 2 odběrová místa se nacházela na Prlovském potoku před a za MDČOV. Vzorky vody byly použity pro zhodnocení možného znečištění Prlovského potoka:

- Kontrolní vzorek 1
- Imisní vzorek vody 2

Odběrové místo vtAKVAnov (obr. 6) se nacházelo u rodinného domu jednoho z respondentů. Samotný poklop čistírny byl zatížen betonovými tvárniciemi. Odběr vzorku odpadní vody byl prováděn na vtoku do MDČOV. Čistírna AKVAnov byla, co se týče údržby, v nejhorším stavu. Na obr. 6 je patrné bytnění kalu v oxické sekci.



*Obr. 6 MDČOV AKVAnov [Bohumila Petružiová]*

Odběrové místo vtEKOL (obr. 7) se nacházelo u rodinného domu majitele MDČOV. Před odběrem odpadní vody byl odebrán poklop čistírny. Vzorek odpadní vody byl odebírán na vtoku do MDČOV dlouhou tyčí s odběrovou nádobou. Samotná MDČOV se nacházela v dobrém stavu, byla udržována a pravidelně čistěna.



Obr. 7 MDČOV EKOL [Bohumila Petrůjová]

Odběrové místo vtAKVAstar (obr. 8) se nacházelo u rodinného domu jednoho z respondentů. Vzorek odpadní vody byl odebírán na přítoku do MDČOV. Na čistírně AKVAstar byla prováděna nepravidelná údržba. Byla často zanesena velkým množstvím nerozpuštěných látek.



Obr. 8 MDČOV AKVAstar [Bohumila Petrůjová]



Odběrové místo vyAKVATIKnov bylo zarostlé travinami (obr. 9). Místem protékal zúžený Prlovský potok 1,5 m. Vodní tok v tomto místě měl bystřinný charakter s výskytem pstruha obecného (*Salmo trutta*).



Obr. 9 Odběrové místo vzorku vyAKVATIKnov [Bohumila Petružlová]

Dalším odběrovým místem na toku bylo vyEKOL (obr. 10). Toto místo bylo nejhůře přístupné. Potok zde silně meandroval a měl bystřinný charakter. Stěny svahů byly příkré. Šířka odběrného místa měla 1,4 m.



Obr. 10 Odběrové místo vzorku vyEKOL [Bohumila Petružlová]

Další odběrové místo vyAKVATIKstar (obr. 11) se nacházelo v regulované části Prlovského potoka. Bylo široké 3,5 m. Dostupnost byla špatná kvůli vysokým zdem z lomového kamene. Při zběžném průzkumu se v této části toku vyskytovalo velmi málo ryb. Během letních měsíců bylo možno pozorovat velký nárůst řas.



*Obr. 11 Odběrové místo vzorku vyAKVATIKstar [Bohumila Petružiová]*

Dalším odběrové místo se nacházelo nad všemi MDČOV asi 150m. Kontrolní vzorek 1 (obr. 12) byl odebírán z potoka asi 1 m od břehu.



*Obr. 12 Odběrové místo kontrolního vzorku 1 [Bohumila Petružiová]*

Poslední odběrové místo imisního vzorku 2 se nacházelo 150 m pod vybranými MDČOV ve zregulované části toku (obr. 13). Toto místo bylo hůře dostupné.



*Obr. 13 Odběrové místo imisního vzorku vody 2 [Bohumila Petružjová]*

### **3.3 Odběr vzorků**

U MDČOV byl v rámci diplomové práce proveden odběr vzorků pro hydrochemickou analýzu vzorků odpadní vody, vyčištěné odpadní vody, tak i vody z toku. Četnost odběrů a typ vzorků se řídil podle NV č. 23/2011 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech ve znění nařízení vlády č. 229/2007 Sb., ve znění pozdějších předpisů. Vzorky byly odebírány po dobu 13 měsíců. I když legislativa neurčuje typ vzorku do 50 EO, byl použit slévaný vzorek typu A. Jedná se totiž o čistírny s diskontinuálním vypouštěním. Typ vzorku byl vybrán dle Nařízení vlády 23/2011 Sb., tabulky 1 „Minimální četnosti odběrů vypouštěných městských odpadních vod“. Pro analýzu byl použit typ A (kategorie do 500 EO), a to dvouhodinový slévaný vzorek (1 litr) získaný z 8 dílčích vzorků (125 ml) odebíraných každých 15 minut. Pro převoz odebraných vzorků na vtoku a na výtoku z MDČOV byly použity plastové vzorkovnice téhož objemu. Před samotným odběrem byly všechny vzorkovnice 3x vypláchnuty příslušným vzorkem. Na špatně dostupných a nepřehledných místech byla použita odměrná nádoba s tyčí.

Odběry vzorků odpadní vody na vtoku do MDČOV byly provedeny při vnitřní teplotě do 12 °C. Vzorky odpadní vody byly odebírány za stálých povětrnostních podmínek (nebyly odebírány při přívalových deštích nebo povodních).

Pro získání informací o znečištění toku, byla dále měřena teplota, konduktivita, rozpuštěný kyslík a pH.

V laboratoři byla provedena analýza hydrochemických parametrů vzorků odpadních vod, která se skládala z měření pH, CHSK<sub>Cr</sub>, BSK<sub>5</sub>, celkového fosforu, dusíku (amoniakálního, dusičnanového, dusitanového), RL<sub>105</sub>, NL<sub>105</sub> a veškerých látek.

### **3.4 Stanovení vybraných hydrochemických parametrů**

Stanovení hydrochemických parametrů bylo provedeno podle příslušných norem, které jsou uvedeny níže v textu. Přesný popis metodik byl již uveden v bakalářské práci.

#### **Stanovení teploty**

Stanovení teploty bylo provedeno dle ČSN EN 757342 Jakost vody- stanovení teploty. Při tomto měření byl použit přístroj Oxi 3310 SET1 elektroda Oxical®- SL, firmy WTW GmbH. Přístrojem bylo měřeno množství rozpuštěného kyslíku v odpadní vodě, tak i ve vyčištěné.

#### **Stanovení koncentrace vodíkových iontů**

Stanovení pH bylo provedeno dle ČSN ISO 10523 (75 7365) Jakost vod- Stanovení pH. K tomuto účelu byl použit pH metr WTW PH 330/SET-1, pH- elektrode Sen Tix 41. Rozsah pH tohoto přístroje je 0-14. Tímto přístrojem bylo měřeno pH v odpadní vodě, tak i ve vyčištěné. V laboratoři bylo provedeno kontrolní měření pH přístrojem pH metr pH 300i/SET (WTW).

#### **Stanovení elektrolytické konduktivity**

Stanovení elektrolytické konduktivity bylo provedeno dle ČSN EN 27888 (75 7344) Jakost vod- stanovení elektrolytické konduktivity. K tomuto měření byl použit



přenosný kapesní konduktometr HQ 30d, s elektrodou CDC401, firmy HACH. Přístrojem byla měřena elektrolytická konduktivita v odpadní vodě, tak i ve vyčištěné odpadní vodě.

### Stanovení obsahu rozpuštěného kyslíku

Stanovení obsahu rozpuštěného kyslíku bylo provedeno dle ČSN EN ISO 5814 (75 7463) Kvalita vod- stanovení rozpuštěného kyslíku. Terénní stanovení koncentrace rozpuštěného kyslíku bylo měřeno přenosným kapesním přístrojem Oxi 3310 SET1, elektroda Oxical®- SL, firmy WTW GmbH. Všechna měření byla provedena v dopoledních hodinách. Tímto přístrojem byl měřen obsah rozpuštěného kyslíku v odpadní vodě, tak i ve vyčištěné.

### Stanovení $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$

Při stanovení  $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$  byla použita ČSN ISO 6060 (757222) „Jakost vod- chemická spotřeba kyslíku“. Stanovení  $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$  bylo provedeno modifikovanou semimikrometodou. Ke stanovení byl použit spektrometr firmy HACH (LANGE) DR 2800 a thermoreaktor firmy Merk TR 300 (obr. 14). Touto metodou bylo stanoveno  $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$  v odpadní vodě, tak i ve vyčištěné. [1]



*Obr. 14 Stanovení  $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$ - thernoreaktor firmy Merk TR 300 [Bc. Lukáš Klimša]*

## Stanovení BSK<sub>5</sub> standardní zřed'ovací metodou

Při stanovení BSK<sub>5</sub> byla použita ČSN EN 1899- 1 „Jakost vod- Stanovení biochemické spotřeby kyslíku po n dnech ( BSK<sub>n</sub>), část 1: metoda pro ředěné vzorky“. BSK<sub>5</sub> bylo stanoveno standardní zřed'ovací metodou první a pátý den inkubace (obr. 15). Koncentrace rozpuštěného kyslíku byla provedena odměrnou jodometrickou Winklerovou metodou v Alsterbergově modifikaci. Ke stanovení byl použit spektrometr firmy HACH (LANGE) DR 2800. Touto metodou bylo zjištěno BSK<sub>5</sub> v odpadní vodě, tak i ve vyčištěné. [1]



Obr. 15 Vzorky v titračních baňkách při stanovení BSK<sub>5</sub> při konečné titraci [Bohumila Petružiová]

## Stanovení veškerého fosforu P<sub>celk</sub>

Stanovení veškerého fosforu bylo provedeno dle ČSN EN ISO 6878 (757465) „Jakost vod- stanovení fosforu- Spektrometrická metoda s molybdenem amonným“. Jedná se oxidační rozklad na rozpuštěné anorganické ortofosforečnany a jejich stanovení absorpční spektrometrií po reakci s molybdenem amonným a po redukci askorbovou kyselinou. Touto metodou byl určen obsah celkového fosforu v odpadní vodě, tak i ve vyčištěné (obr. 16). Byl použit spektrofotometr firmy HACH (LANGE) DR 2800. Výsledky fosforečnanů detekovány na spektrofotometru byly následně přepočítány na celkový fosfor dle ČSN EN ISO6878 (757465) :  $1 \text{ mg PO}_4^{3-} = 0,326 \text{ mg P}$  [1]





Obr. 16 Stanovení celkového fosforu [Bc. Lukáš Klimša]

### Stanovení dusitanů $\text{N-NO}_2^-$

Stanovení dusitanového dusíku bylo provedeno dle ČSN EN 26 777 (75 7453) „Jakost vod- Stanovení dusitanů“. Metoda využívá sulfanilovou kyselinou a N-/1-naftyl-/ethylendiaminhydrochloridem. K detekci byl použit přístroj firmy HACH (LANGE) DR 2800, měření se uskutečnilo při vlnové délce 550 nm. Přístroj udával výsledné hodnoty  $\text{N-NO}_2^-$ , proto se výsledky dále nepřepočítávaly (obr. 17). [1]



Obr. 17 Stanovení dusitanového dusíku [Bc. Lukáš Klimša]

### Stanovení amoniakálního dusíku $\text{N-NH}_4^+$

Metoda stanovení amoniakálního dusíku s Nesslerovým činidlem byla provedena dle ČNS ISO 71 50-1 (75 7451) Změna Z1 „Jakost vod- Stanovení amonných iontů, část 1: Manuální spektrofotometrická metoda“. K detekci byl použit přístroj firmy HACH (LANGE) DR 2800. Touto metodou byl stanoven obsah amoniakálního dusíku v odpadní vodě, tak i ve vyčištěné. Výsledky byly přepočítány na dusík dle Horáková et al., 2007:

$$1 \text{ mg NH}_4^+ = 0,7765 \text{ mg N-NH}_4 [1]$$

### Stanovení dusičnanů $\text{N-NO}_3$

Stanovení dusičnanů  $\text{N-NO}_3$  bylo provedeno dle normy ČSN ISO 78 90- 3 (75 7453) „Jakost vod- Stanovení dusičnanů, část 3: spektrofotometrická metoda s kyselinou sulfosalicylovou“. Touto metodou byl určen obsah celkového fosforu v odpadní i vyčištěné vodě. Výsledky byly přepočítány na dusík dle Horáková et al., 2007:  $1 \text{ mg NO}_3^- = 0,2259 \text{ mg N-NO}_3 [1]$

### Stanovení rozpuštěných látek sušených $\text{RL}_{105}$

Stanovení rozpuštěných látek bylo provedeno dle normy ČSN 75 7346 „Stanovení rozpuštěných látek gravimetricky“. K pokusu byl použit tlakový filtr (filtr  $0,85 \mu\text{m}$ ) a sušička HS 122 (obr. 18). Ke gravimetrickému stanovení sloužila elektrická váha Radwag. Touto metodou byl určen obsah rozpuštěných látek v odpadní vodě, tak i ve vyčištěné. [1]



Obr. 18 Stanovení  $\text{NL}_{105}$  a  $\text{RL}_{105}$  - sušení [Bc. Lukáš Klimša]

## Stanovení nerozpuštěných látek NL<sub>105</sub>

Metoda stanovení nerozpuštěných látek byla provedena dle normy ČSN EN 872, ČSN 75 7350 „Stanovení nerozpuštěných látek gravimetricky“. Pro určení rozpuštěných látek sušených byl použit tlakový filtr (filtr 0,85 µm) sušička HS 122. Ke gravimetrickému stanovení byla použita elektrická váha Radwag. Touto metodou byl stanoven obsah rozpuštěných látek v odpadní vodě, tak i ve vyčištěné. [1]

## Stanovení veškerých látek

Stanovení veškerých látek bylo provedeno ČSN 83 0530 část 9 A „Stanovení veškerých látek dopočtem z rozpuštěných a nerozpuštěných látek“. Zahrnovalo součet rozpuštěných sušených látek RL<sub>105</sub> a nerozpuštěných látek NL<sub>105</sub>. Touto metodou byl zjištěn obsah veškerých látek v odpadní vodě, tak i ve vyčištěné. [1]

## 3.5 Vyhodnocení vybraných hydrochemických parametrů

Pro stanovení účinnosti čištění odpadních vod u jednotlivých MDČOV byly použity vzorky na vstupu a na výstupu z čistírny (emisní limity). Hodnoty účinností čištění a emisní limity byly srovnány dle platného nařízení vlády 23/2011 Sb. Emisní limity byly určeny jako průměrné koncentrace znečištění „p“. Dle tabulky 1. Hodnota „p“ představuje aritmetické průměry jednotlivých ukazatelů znečištění za jeden kalendářní rok. Vzorky odpadní vody byly použity pro zhodnocení míry znečištění přitékající na vlastní MDČOV. [1] [21]

*Tabulka 1: Dosažitelné hodnoty koncentrací pro jednotlivé ukazatele znečištění při použití nejlepší dostupné technologie.*

Kategorie MDČOV [EO]	Nejlepší dostupná technologie	CHSK <sub>Cr</sub>	BSK <sub>5</sub>	NL	Pc
		Koncentrace p [mg/l]	Koncentrace p [mg/l]	Koncentrace p [mg/l]	Koncentrace p [mg/l]
>500 EO	Nízko až středně zatěžovaná aktivace	150	40	50	-

Účinnost čištění byla srovnána s nařízením vlády 23/2011 Sb., dle tabulky 2. Pro zhodnocení certifikovaných MDČOV byla použita kategorie I. Pro necertifikovanou čistírnu EKOL bylo použito srovnání s tabulkou 2 „bez certifikace“.

*Tabulka 2: Minimální přípustná účinnost čištění odpadních vod v %.*

Třída MDČOV	CHSK <sub>Cr</sub>	BSK <sub>5</sub>	NL	N-NH <sub>4</sub>	Pc
I	70	80	90	-	-
II	75	85	90	75	-
III	75	85	95	80	80
PZV	90	95	95	80	80
Bez certifikace	75	85	60	-	-

Pro zhodnocení fyzikálně-chemických vlastností vody byla použita analytická metoda stanovení znečišťujících látek. Cílem fyzikálně-chemického hodnocení kvality vody bylo stanovení míry přítomnosti sledovaných látek v toku, pro určitou lokalitu (Prlovský potok). Snahou bylo objektivní posouzení míry zátěže toku vybranými ukazateli jakosti vody v toku. Z dat získaných v laboratoři byla snaha získat informace o vztahu mezi imisní situací toku a jednotlivými zdroji znečištění. Fyzikálně-chemickým způsobem byly zhodnoceny určité zdroje znečištění (v mém případě aktivačních MDČOV). [31]

Hodnocení (imisních limitů) přípustného znečištění povrchových vod vychází z průměrných ročních koncentrací, tzv. norem environmentální kvality NEK-RP dle nařízení vlády 23/2011 Sb.. Pro každý daný útvar povrchových vod se použitím NEK-RP rozumí, že aritmetický průměr koncentrací naměřený v různých časech průběhu roku v žádném reprezentativním monitorovacím místě ve vodním toku nepřekračuje dotýcnou normu. Vyhodnocení bylo provedeno jako porovnání s těmito hodnotami (dle tabulky č. 3). [21]

Tabulka 3. Imisní hodnoty uvedené v nařízení vlády 23/2011 Sb.

Ukazatele	Zkratka	Jednotka	NEK-RP (průměrná hodnota) NV č. 23/2011 Sb.
Celkový fosfor	$P_{\text{celk}}$	mg/l	0,15
Reakce vody	pH	mg/l	6-9
Chemická spotřeba kyslíku	$CHSK_{Cr}$	mg/l	26
Biochemická spotřeba kyslíku	$BSK_5$	mg/l	3,8
Amoniakální dusík	$N-NH_4^+$	mg/l	0,23
Dusičnanový dusík	$N-NO_3^-$	mg/l	5,4
Dusitanový dusík	$N-NO_2^-$	mg/l	0,09*
Rozpuštěné látky sušené	$RL_{105}$	mg/l	750
Nerozpuštěné látky	$NL_{105}$	mg/l	20
Veškeré látky	$RL_{105} + NL_{105}$	mg/l	770
Teplota vody	t	°C	20
Rozpuštěný kyslík	$O_2$	mg/l	>9

\*Požadavky pro užívání vody (průměrná hodnota pro lososové vody)

Imisní limity stanovují podmínky pro celkový kvalitativní stav toku a stanovují maximální hodnoty přípustného znečištění vody v recipientu. Uvedené hodnoty koncentrací jednotlivých ukazatelů mají vazbu na minimální zabezpečený průtok  $Q_{355}$ . V praxi se hodnoty interpelují jako hodnoty s pravděpodobností nepřekročení 90 %, aby s nimi mohli být srovnány hodnoty ukazatelů se stejnou pravděpodobností  $c_{90}$ . Tento systém hodnocení je aplikovaný v normě ČSN 75 7221. S touto normou byly srovnány opět imisní limity míry znečištění povrchové vody. Dále byly příslušné parametry znečištění zařazeny do tříd dle ČSN 75 7221 (tabulka 4).

Sledované parametry vyčištěné odpadní vody byly vyhodnoceny statistickou analýzou. Jednalo se o (geometrický průměr, aritmetický průměr, standardní směrodatnou odchylku, medián a  $c_{90}$ ).

Charakteristická hodnota  $c_{90}$  byla určena ze souboru obsahujícího 13 hodnot (září 2013- září 2014). V tomto souboru se  $c_{90}$  nacházela na předposledním místě. Díky tomu byla hodnota  $c_{90}$  pouze odečtena z tabulky naměřených hodnot. Při méně jak 11 hodnotách

se nelze touto normou (ČSN 75 7221) řídit. Pro parametry dle normy ČSN 75 7221 byly použity hodnoty vzestupné, kromě obsahu rozpuštěného kyslíku.

Tabulka 4. Mezní hodnoty tříd jakosti vod dle ČSN 75 7221

Ukazatel	Jednotka	třída				
		I	II	III	IV	V
Celkový fosfor	mg/l	<0,05	<0,15	<0,4	<1	≥1
Elektrolytická konduktivita	mS/m	<40	<70	<110	<160	≥160
Chemická spotřeba kyslíku	mg/l	<15	<25	<45	<60	≥60
Biochemická spotřeba kyslíku	mg/l	<2	<4	<8	<15	≥15
Amoniakální dusík	mg/l	<0,3	<0,7	<2	<4	≥4
Dusičnanový dusík	mg/l	<3	<6	<10	<13	≥13
Rozpuštěný kyslík	mg/l	>7,5	>6,5	>5	>3	≤3

## 4 VÝSLEDKY A DISKUZE

Pro lepší přehled byly výsledky laboratorních stanovení hydrochemických parametrů vody zavedeny do příslušných grafů, tabulek a okomentovány. Výsledky laboratorního a terénního měření od září 2013 do září 2014 se nachází v tabulkách příloh 2-14.

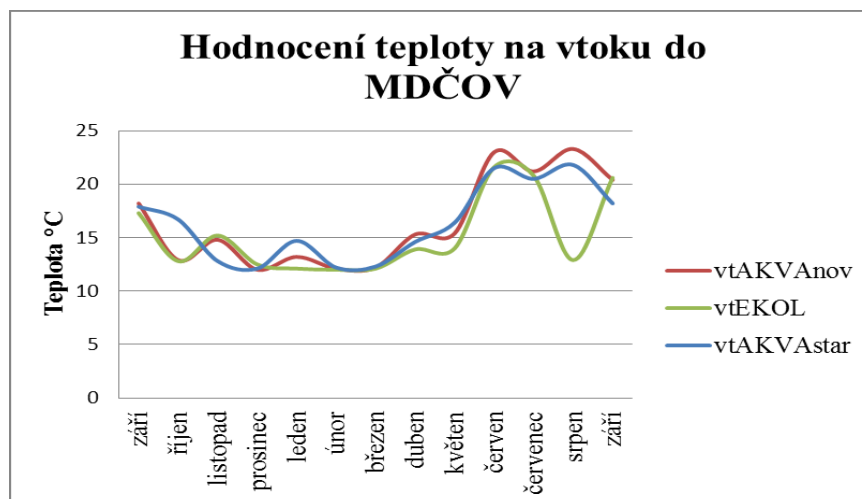
### 4.1 Srovnání účinností čištění a znečištění

#### 4.1.1 Teplota:

Tento organoleptický ukazatel nastiňuje kyslíkové poměry v toku a v MDČOV. Kyslíkové poměry určují rychlost rozkladu organických látek. Teplota povrchových vod velmi ovlivňuje intenzitu samočisticích procesů. Čím je teplota nižší, tím pomaleji probíhá samočištění toku. [31]

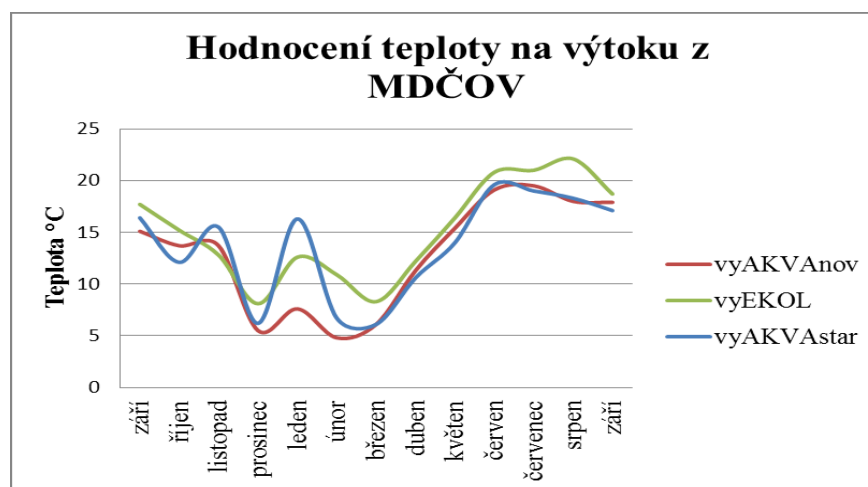
Aerobní kal u aktivačních MDČOV má dobrou odolnost vůči teplotám v rozsahu 10-30 °C. Teplota je přímo úměrná stáří kalu (čím je vyšší stáří kalu, tím je vyšší teplota v aktivaci). Při teplotách pod 10 °C se proces nitrifikace může zastavit z důvodu snížení rychlosti biologických procesů. Při teplotách nad 25 °C je aktivita biomasy vysoká, ale zvyšuje se spotřeba kyslíku na rozklad kalu. Také se zhoršuje rozpouštění kyslíku v aktivační směsi. Tím vzniká nízká produkce přebytečného kalu a zhoršuje se rozpouštění kyslíku v aktivační části nádrže. Také se špatně odbourávají některé hůře rozložitelné látky. Vliv teploty by měl být zahrnut do návrhu MDČOV, protože se s ním na rozdíl od pH nedá nic dělat. [31]

Teploty odebíraných vzorků odpadní vody surové jsou zaznačeny do následujícího grafu (obr. 19). Z grafu je patrné, že odběry vzorků probíhaly za přijatelných teplotních podmínek (do 12 °C). Nejvyšší teploty jsou naměřeny během letního období, kdy surová odpadní vody dosahovala teploty více jak 15 °C. Teplota v průběhu roku kolísala a markantně byla zvýšena v letních měsících. Teplotní skok je patrný u MDČOV EKOL v měsíci září, kde byla teplota oproti ostatním čistírnám nižší. Jednalo se o MDČOV, která měla největší objem nádrže a zároveň patřila mezi nejstarší typ MDČOV. Ke zvláštní oscilaci došlo v měsíci srpnu.



Obr. 19 Hodnocení teploty na vstupu do MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014

Teplota odpadních vod závisí na ročním období i průběhu dne. Mění se v rozmezí od 0 do +25°C. Při vypouštění teplých odpadních vod se teplota vody v recipientu nesmí změnit o víc než  $\pm 5$  °C (oproti přirozené teplotě). V letním období u pstruhových vod nesmí překročit 20°C a u bez pstruhových více než 25 °C. Dle grafu (obr. 20) je patrný rozsah teplot po dobu 13 měsíců na výstupu z MDČOV. Na výstupu z MDČOV AKVAstar, je patrné zvýšení teploty vody na výstupu v letních měsících (nad 20 °C). Tato teplota může ovlivnit teplotu v toku, což není vhodné u pstruhových vodních toků. Na výstupu z čistírny EKOL je patrné zvýšení teploty v průběhu zimního období, což mohlo být způsobeno teplejším počasím v tomto období. [8]



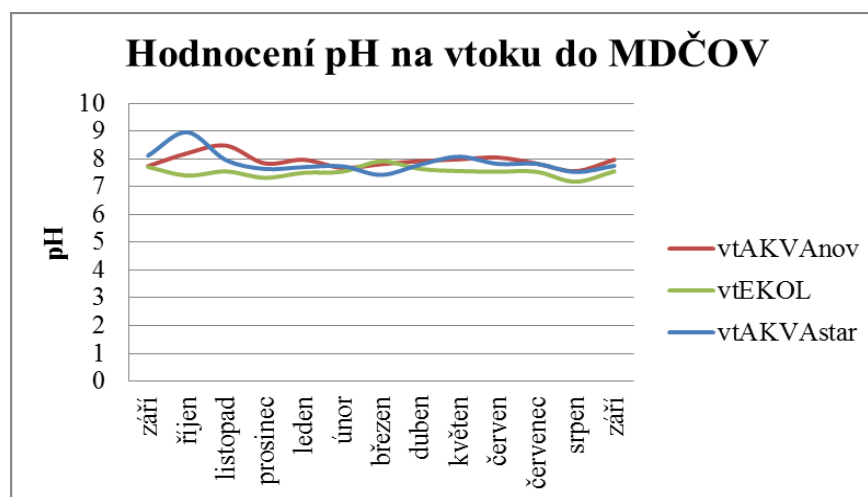
Obr. 20 Hodnocení teploty na výstupu z MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014



#### 4.1.2 Hodnota pH:

Důležitým ukazatelem jakosti vody je hodnota pH. Je jedním z nejcitlivějších ukazatelů v přírodních vodách. Tato hodnota je definovaná jako záporný logaritmus látkové koncentrace (přesněji aktivity) vodíkových iontů. Hodnoty pH jsou závislé na teplotě. Zásaditost a kyselost jsou způsobeny organickými případně anorganickými sloučeninami ve vodách. Vysoké, nebo příliš nízké pH je pro životní procesy v toku nepřijatelné. Voda, která má v sobě příliš mnoho kyselin nebo zásad je často výrazně znečištěná. [9]

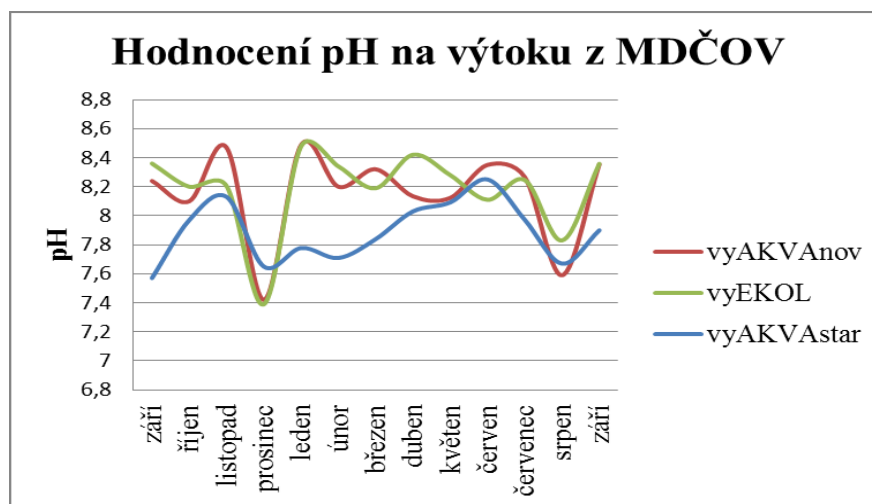
Změna pH u odpadní vody je signálem změny kvality této vody. V případě biologického rozkladu na aktivačních MDČOV může u organických sloučenin (např. nižší mastné kyseliny) docházet ke snížení pH pod 5. Při vysokých hodnotách pH na vstupu do aktivace můžeme počítat se vznikem  $\text{CO}_2$  přímo v aktivaci a dochází k neutralizaci a samovolnému poklesu pH. Nebezpečím pro MDČOV jsou myčky a pračky, kde pH může dosahovat hodnot kolem 10,5. Tento nárůst může vést ke kolapsu čistíren, pokud nemají dost velký akumulací prostor. Hodnota pH v průběhu roku nekolísala. Hodnota pH u MDČOV AKVAstar v období říjnu se pohybovala kolem 9, zbytek roku bylo pH cca v rozmezí 7-8 (obr. 21). [31]



Obr. 21 Hodnocení teploty na vstupu do MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014

Optimální pH se pohybuje v rozmezí 6 až 8, jak je patrné z následujícího grafu (obr. 22). Hodnoty pH na výtoku ze starší čistírny AKVAstar jsou velmi odlišné od pH ostatních odběrových míst. Optimální pH může být způsobeno nízkým zatížením samotné

MDČOV. V prosinci 2013 došlo u všech vzorků vyčištěné odpadní vody z MDČOV k výraznému poklesu pH do neutrální oblasti. [8]

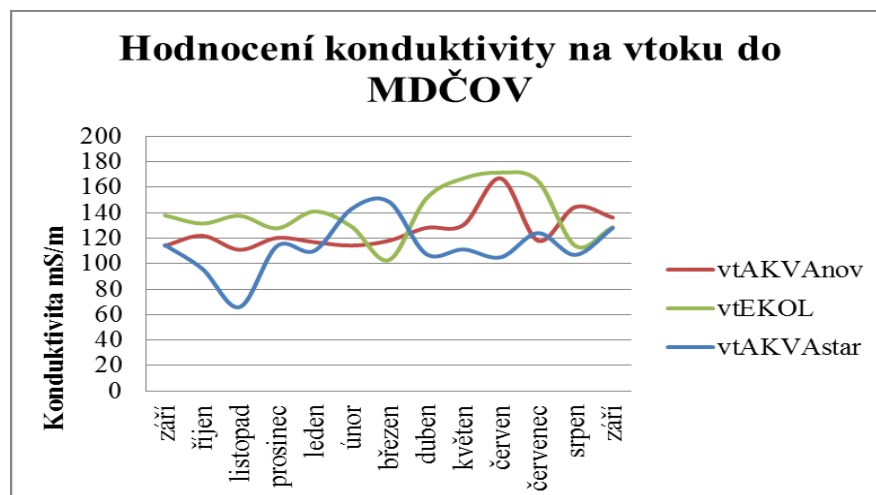


Obr. 22 Hodnocení teploty na výtoku z MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014

#### 4.1.3 Elektrolytická konduktivita:

Konduktivita neboli měrná vodivost představuje schopnost vody vést elektrický proud. Z fyzikálního hlediska je konduktivita převrácenou hodnotou elektrického odporu vody. Vlastní konduktivitu ovlivňuje míra přítomnosti kationů a anionů, uvolněných v průběhu disociace elektrolytů. Tyto ionty činí roztok vodivým, proto vyšší hodnota vodivosti indikuje vyšší obsah iontů rozpuštěných látek ve vodě a naopak. Jednotku konduktivity je Siemens na metr (S/m), hodnoty jsou zpravidla udávány v mS/m. [32]

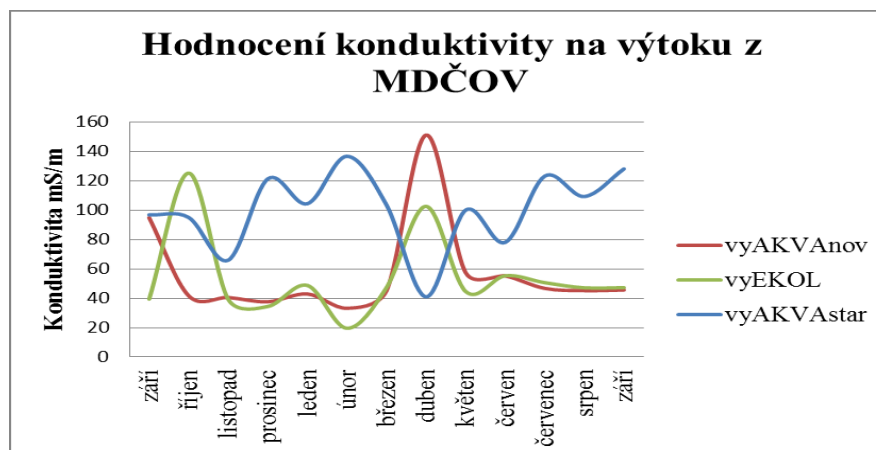
U odpadních vod obsahujících soli organických kyselin a zásad je konduktivita přibližnou mírou koncentrace organických i minerálních elektrolytů. Konduktivita byla měřena i u vzorků odpadní vody (obr. 23). Na podzim 2013 byla hodnota konduktivity u odběrového místa vtEKOL nejvyšší, konduktivita neklesla pod 120 mS/m. V letních měsících se u tohoto odběrového místa pohybovala kolem 170 mS/m. [31]



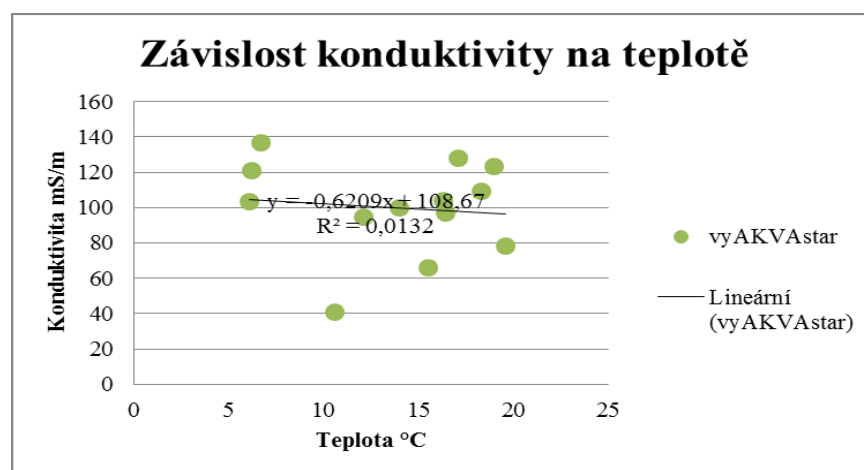
Obr. 23 Hodnocení konduktivity na vtoku do MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014

Elektrolytická konduktivita je výrazně závislá na teplotě vody. Závislost konduktivity na teplotě u odběrových míst vyAKVAstar, vyEKOL a vyAKVAnov (obr. 24) se projevuje pouze minimálně. Tudiž tato závislost u odběrových míst není zcela statisticky průkazná. Vysoké hodnoty konduktivity indikují přítomnost antropogenní zátěže. Tento ukazatel neumožňuje hodnotit nebo odlišit charakter znečištění. Na úroveň konduktivity má vliv i aktuální vodnost toku. V případě vyšších vodností toku u oblastí zatížených bodovými zdroji znečištění dochází k okamžitému poklesu úrovně znečištění díky naředění toku. Pozvolně se tok navrácí k původní úrovni konduktivity. [32]

U většiny povrchových a odpadních vod je elektrolytická vodivost používána jako přibližná koncentrace minerálních elektrolytů. Konduktivita byla měřena u emisních vzorků vyčištěné vody (obr. 25). Podobné průběhy grafů konduktivity mají odběrová místa vyAKVAnov a vyEKOL. Velmi odlišný průběh hodnot konduktivity za období 13 měsíců má odběrové místo vyAKVAstar.



Obr. 24 Hodnocení konduktivity na výtoku z MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014



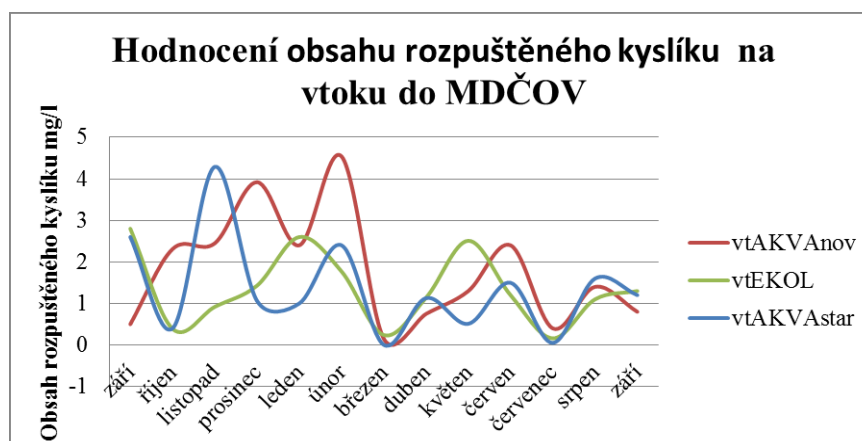
Obr. 25 Statistická závislost konduktivity na teplotě na výtoku z MDČOV AKVAstar v průběhu období září 2013- září 2014

#### 4.1.4 Obsah rozpuštěného kyslíku:

Koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě je důležitým indikátorem čistoty vody v toku. Na této koncentraci přímo závisí život ryb a dalších vodních organismů. Vzdušný kyslík je spotřebován bakteriemi, které v toku rozkládají organický materiál. Rychlost rozkladných procesů je závislá na intenzitě znečištění toku, teplotě a proudění vody v korytě. [8]

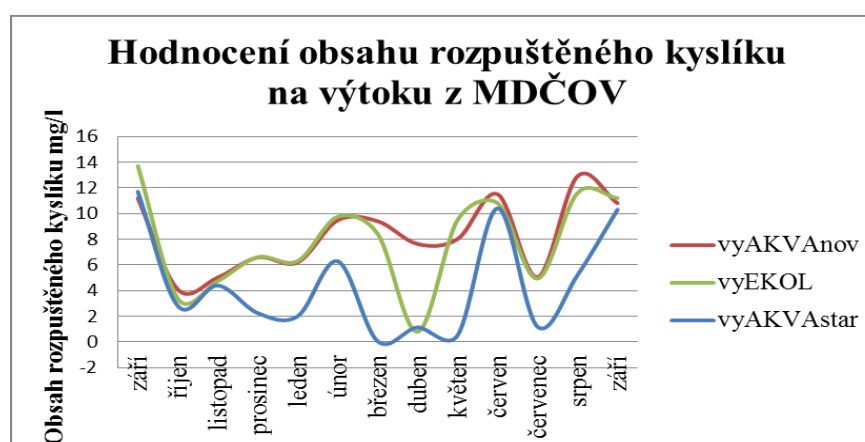
K úplné oxidaci organických látek ve splaškových vodách dochází během 20 dnů. Část organických látek je spotřebována v rámci biochemické spotřeby a část na dusíkový cyklus. Minimální koncentrace rozpuštěného kyslíku u aktivačních čistíren by měla být 2 mg/l. Hodnocení obsahu rozpuštěného kyslíku v surové odpadní vodě je zřetelné na grafu (obr. 26). Od září 2013 až do září 2014 je patrný postupný úbytek rozpuštěného kyslíku u

všech odběrových míst (vtok do MDČOV). V letních měsících dochází k nižším koncentracím rozpuštěného kyslíku v MDČOV. V měsíci dubnu všechny MDČOV vykazují kyslíkový deficit. [8] [32]

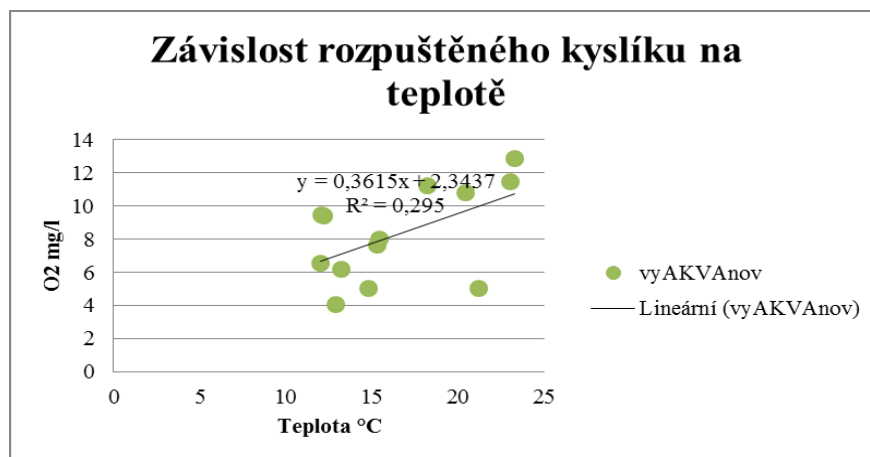


Obr. 26 Hodnocení obsahu rozpuštěného kyslíku na vtoku do MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014

Kritická mez obsahu rozpuštěného kyslíku u většiny druhů ryb je hranice 6 mg/l. Pro ryby lososovité je tato hranice 6 mg/l. Hodnocení obsahu rozpuštěného kyslíku v odpadní vodě vyčištěné je zřetelné na grafu (obr. 27). Obsah kyslíku u odběrového místa vyAKVAnov vykazoval rozkolísanost hodnot v měsíci dubnu. U všech vzorků vyčištěné odpadní vody byla zkoumána statistická průkaznost závislosti obsahu rozpuštěného kyslíku na teplotě. Nejvyšší závislosti dosáhlo odběrové místo vyAKVAstar hodnotou 0,29 (obr. 28). [32]



Obr. 27 Hodnocení obsahu rozpuštěného kyslíku na výtoku z MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014

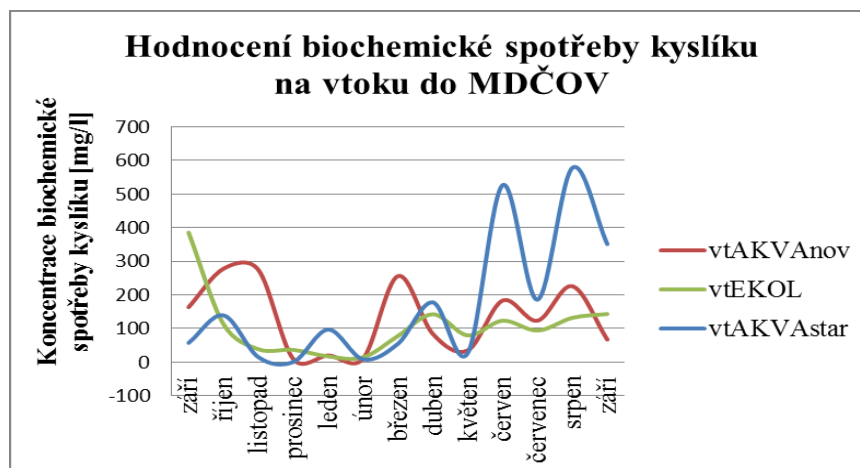


Obr. 28 Statistická závislost  $O_2$  na teplotě na výtoku z MDČOV AKVAnov v průběhu období září 2013- září 2014

#### 4.1.5 CHSK<sub>Cr</sub>:

Chemická spotřeba kyslíku- dichromanem (CHSK<sub>Cr</sub>) představuje komplexní ukazatel veškerého organického znečištění, bez ohledu na to, zda jde o látky biologicky rozložitelné či nikoliv.

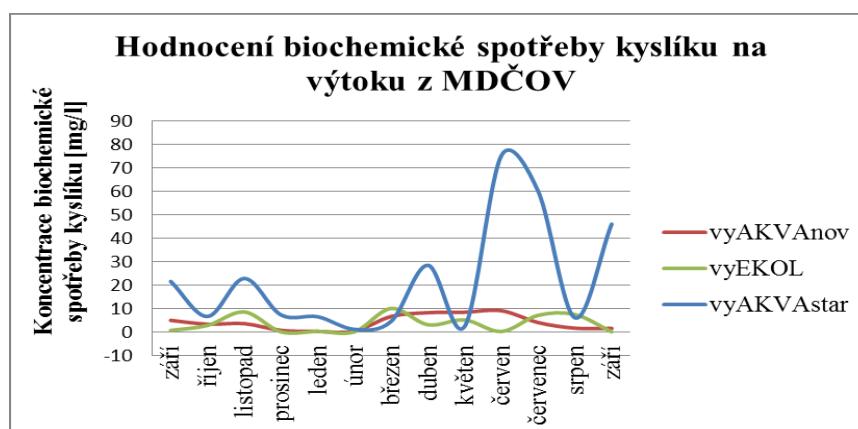
Z obou grafů (obr. 29 a 30) je patrné dobré odbourávání organických látek. Největší znečištění musí překonávat MDČOV AKVAstar (obr. 30). Nízká koncentrace CHSK<sub>Cr</sub> u MDČOV EKOL může být způsobená nízkým organickým znečištěním přitékajícím na čistírnu a velkým objemem nádrže.



Obr. 29 Hodnocení chemické spotřeby kyslíku na vtoku do MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014

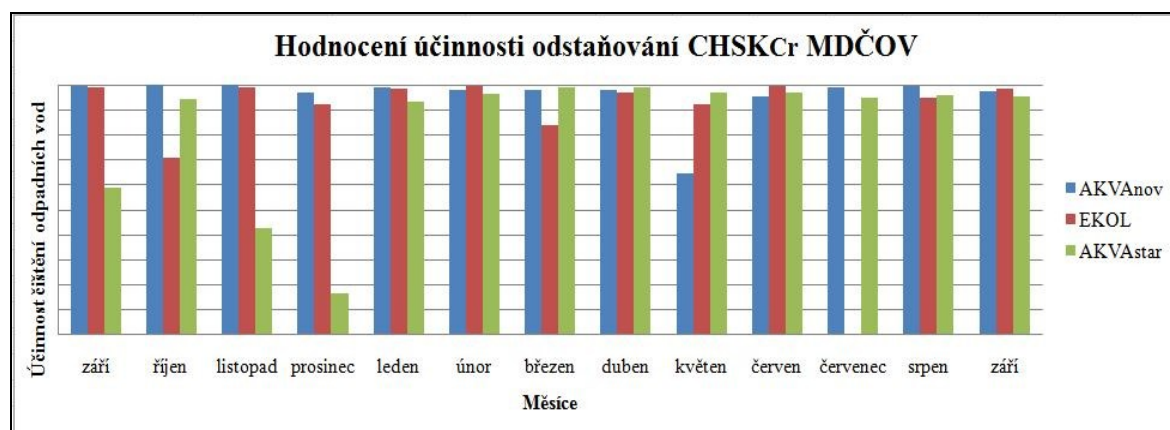
Nárazové znečištění detergenty a tensidy může u malých vodních toků způsobit závažný kyslíkový deficit. Také může být omezeno odbourávání znečištění. [32]

Na výtoku z čistíren bylo  $CHSK_{Cr}$  celkem nízké, pouze v případě odběrného místa vyAKVAstar byla na výtoku z čistírny koncentrace  $CHSK_{Cr}$  velmi vysoká (obr. 30). Při porovnání s nařízením vlády 23/2011 Sb., byla u vzorku vyčištěné odpadní vody z odběrového místa vyAKVAstar (emisní standard) vysoce překročena průměrná koncentrace znečištění „p“. Limitní hodnota „p“ pro  $CHSK_{Cr}$  u všech MDČOV je dle nařízení vlády 23/2011 Sb., rovna 150 mg/l. Znečištění dosahovalo hodnoty  $p = 153,3$  mg/l.



Obr. 30 Hodnocení chemické spotřeby kyslíku na výtoku z MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014

Celoroční srovnání účinností čištění vybraných MDČOV je znázorněno na grafu (obr. 31). Toto srovnání bylo prováděno od září 2013 do září 2014. Účinnost čištění se pohybovala u všech odběrových míst nad 90%. U čistírny AKVAnov byla účinnost čištění 97,9%, u čistírny EKOL dosahovala 97,4% a u čistírny AKVAstar byla 93,1%. Z legislativního hlediska všechny MDČOV (certifikované i bez certifikace) vyhovují.

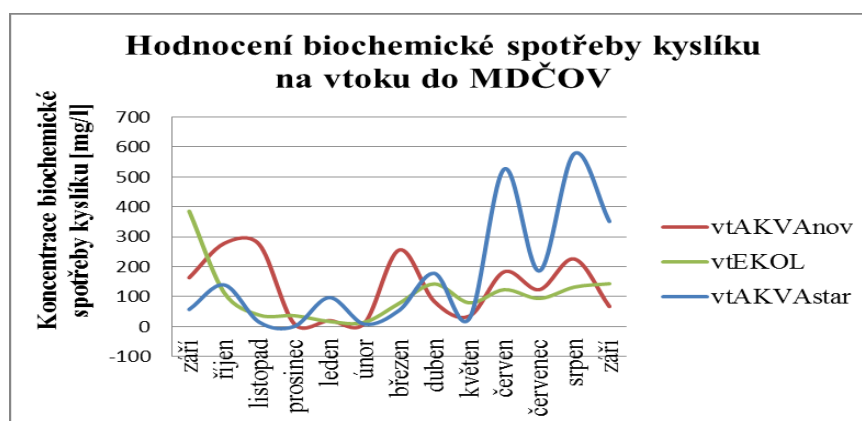


Obr. 31 Účinnosti čištění  $CHSK_{Cr}$  v průběhu období září 2013- září 2014

#### 4.1.6 BSK<sub>5</sub>:

Tento ukazatel udává množství rozpuštěného kyslíku, spotřebovaného k biochemické oxidaci látek ve vodě za dobu 5 dnů při stálé teplotě 20 °C. BSK<sub>5</sub> udává celkový obsah biologicky rozložitelných látek ve vodě. Biologicky rozložitelné organické znečištění představují zejména splaškové vody, odpady ze zemědělské výroby a jiné. BSK<sub>5</sub> odráží znečištění ze zdrojů difúzního a bodového charakteru. Tento ukazatel se používá od roku 1914. Ve světě je používána jednotná metoda, stanovení za 5 dní. [31]

Pokud je nepravidelnost režimu zátěže BSK<sub>5</sub> markantní (u chatových oblastí a rodinných domů), mělo by se k tomu přihlídnout už při návrhu kapacity MDČOV. Nepravidelnost zátěže čistírny je viditelná na grafu (obr. 32) u všech MDČOV během období září 2013- září 2014. Největší nárůst koncentrace BSK<sub>5</sub> (do 600 mg/l) je viditelný u MDČOV vyAKVAstar v měsících červnu 2014 a srpnu 2014.



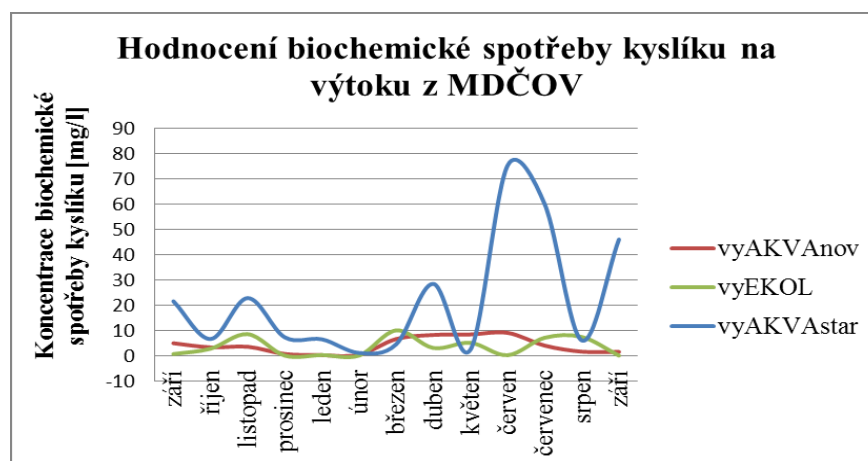
Obr. 32 Hodnocení biochemické spotřeby kyslíku na vtoku do MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014

BSK<sub>5</sub> je typickým představitelem bodového zdroje znečištění z hlediska chodu a režimu koncentrací. Jako u ostatních ukazatelů znečištění toku s rostoucím průtokem koncentrace BSK<sub>5</sub> v toku klesá.

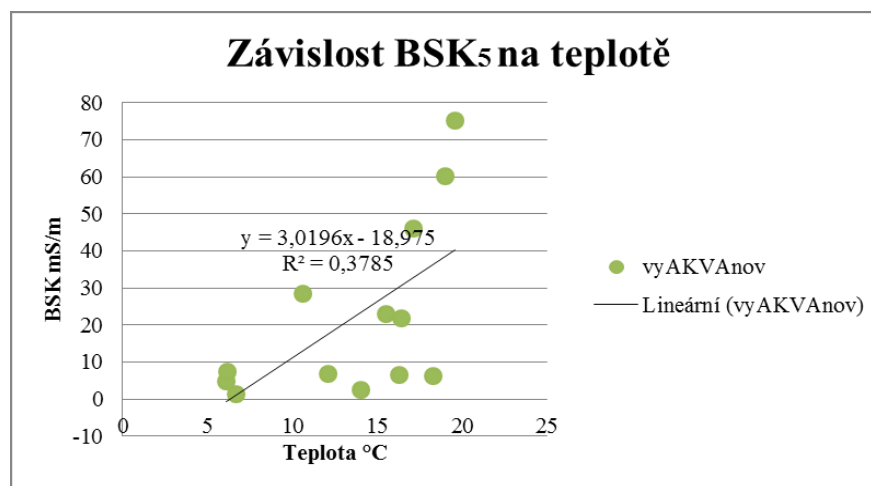
Nejhůře zatížené bylo odběrové místo vyAKVAstar, kde BSK<sub>5</sub> dosahovalo vysokých hodnot jak je zřetelné na grafu (obr. 33). Došlo zde ke zvláštní oscilaci v měsíci červnu, což mohlo být způsobeno nárůstem biologicky rozložitelných látek. U odběrového místa vyAKVAstar (obr. 34) je patrná mírná statistická závislost BSK<sub>5</sub> na teplotě 0,38.



Průměrná koncentrace znečištění „p“ pro BSK<sub>5</sub> dle nařízení vlády 23/2011 Sb., je pro tento ukazatel rovna 40 mg/l. U všech zkoumaných čistíren nebyl překročen tento emisní standard. Průměrné hodnoty se pohybovaly od 3,7 do 11,2 mg/l

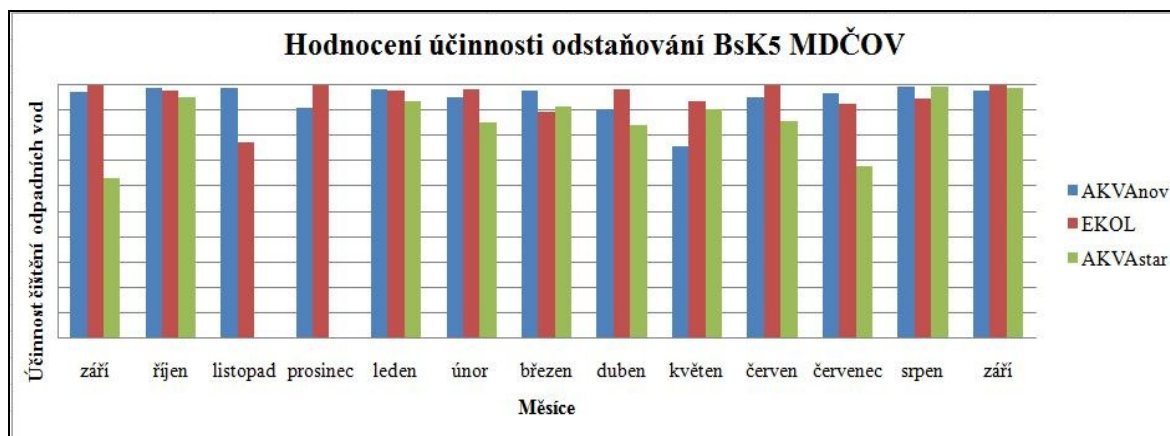


Obr. 33 Hodnocení biochemické spotřeby kyslíku na výtoku z MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014



Obr. 34 Statistická závislost BSK<sub>5</sub> na teplotě na výtoku z MDČOV AKVAnov v průběhu období září 2013- září 2014

Účinnost čištění pro ukazatel BSK<sub>5</sub> dosahoval u čistírny AKVAstar pouze 73,3 % a nařízení vlády 23/2011 Sb. požaduje 80%. Zhodnocení účinnosti čištění BSK<sub>5</sub> pro období od září 2013 do září 2014 je uveden v příslušném grafu (obr. 35)



Obr. 35 Účinnosti čištění BSK<sub>5</sub> v průběhu období září 2013- září 2014

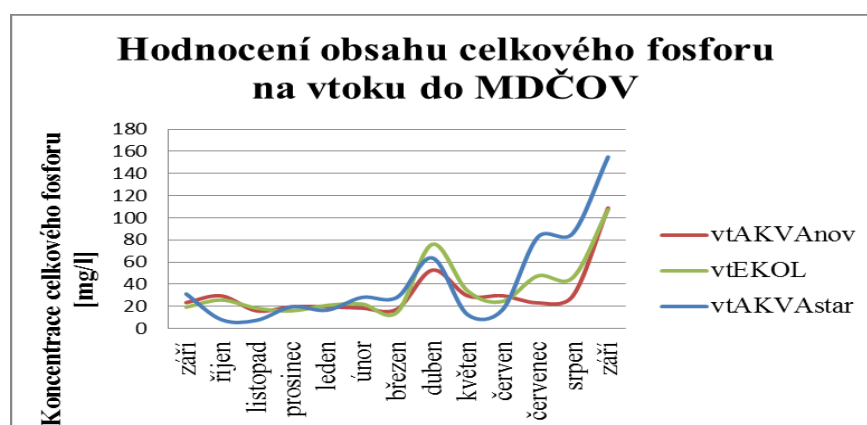
#### 4.1.7 Celkový fosfor:

Fosfor je prvek, který se v přírodních vodách vyskytuje v organických nebo anorganických sloučeninách. Anorganické formy jsou zastoupeny ortofosforečnany a polyfosforečnany. Nejběžnější formou výskytu jsou ortofosforečnany. Fosfor je významným biogenním prvkem a může se podílet na eutrofizaci vod. Díky tomu je parametr „celkový fosfor“ sledován (podobně jako „celkový dusík“). Nebezpečí eutrofizace tkví v tom, že pokud dojde k přemnožení řas a sinic, následně také dojde ke snížení koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě. Nedostatek kyslíku je fatální v rámci života vodních organismů. [34]

Přírodním zdrojem fosforu je vyluhování a rozpouštění některých minerálů a hornin. Antropogenním zdrojem anorganického fosforu jsou především aplikace fosforečnanových hnojiv a odpadní vody z domácností (hygienické čisticí prostředky). Dalším zdrojem jsou polyfosforečnany používané v čisticích a odmašťovacích prostředcích. Zdrojem organického fosforu je fosfor obsažený v živočišných odpadech. Specifická produkce fosforu se pohybuje mezi 2 – 3 g fosforu na obyvatele a den. Organicky vázaný fosfor je produktem biologických procesů (procesy biologického čištění odpadních vod, rozklad vodní fauny a flóry, živočišné odpady). Sloučeniny tohoto typu fosforu se vyskytují ve splaškových vodách. Náhlý vzrůst koncentrace fosforečnanů v toku často indikuje případné fekální znečištění vody. Hlavním zdrojem fekálního znečištění je jak osídlení, tak živočišná výroba. Fosforečnanové ionty se lehce váží na železo, vápník a hliník s nimi vytváří jednoduché soli nebo komplexy. Rozpustnost těchto solí a komplexů

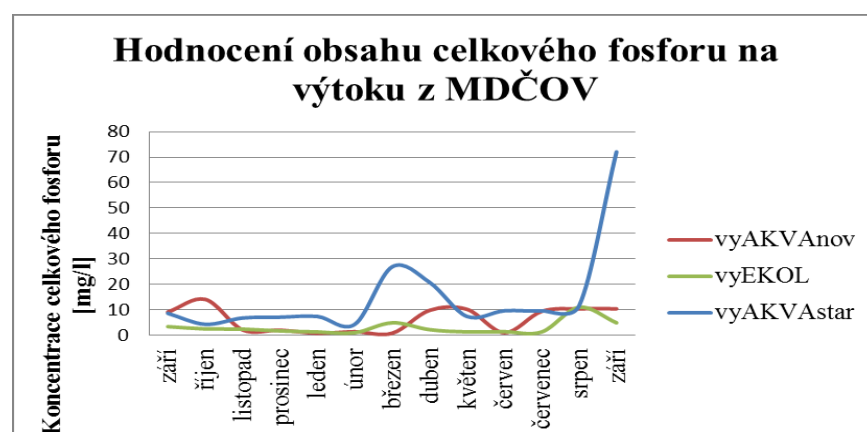
se mění v závislosti na pH a nasycení vody kyslíkem. V bilančním množství dominuje nerozpuštěný fosfor, který představuje až 95% celkového fosforu v tocích. [32] [34]

Hodnoty celkového fosforu na vtoku do MDČOV byly použity pro zpracování účinnosti čištění MDČOV. Největší zatížení celkovým fosforem přicházelo na všechny MDČOV v průběhu dubna a v letních měsících (obr 36), což mohlo být způsobeno zvýšeným používáním čisticích prostředků v domácnosti.



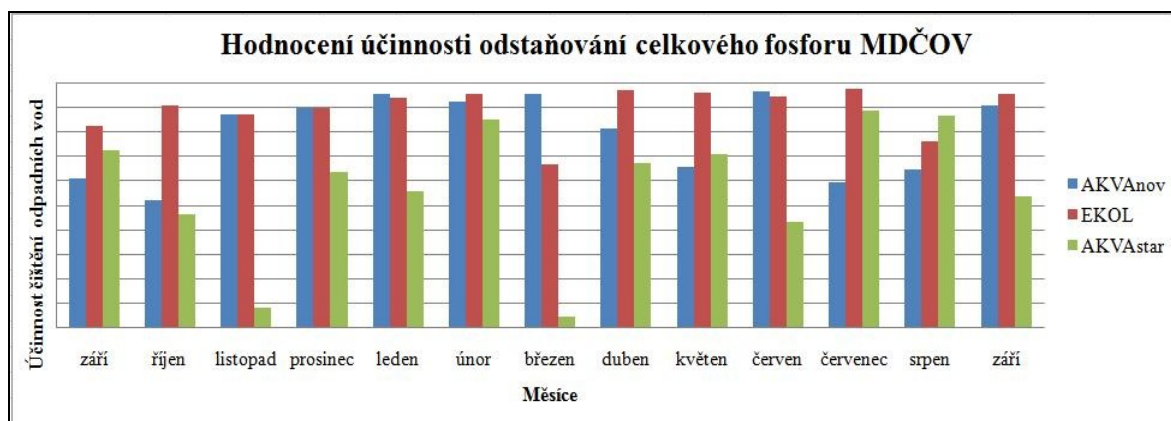
Obr. 36 Hodnocení celkového fosforu na vtoku do MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014

Z grafu (obr. 37) je patrný nárůst koncentrace celkového fosforu v měsíci březnu a nejvíce v září 2014 u odběrového místa vyAKVAstar. Tato zvláštní oscilace mohla být způsobena zvýšeným používáním čisticích prostředků v domácnosti.



Obr. 37 Hodnocení celkového fosforu na výtoku z MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014

Přehled účinností čištění jednotlivých MDČOV je uveden v grafu (obr. 38). Nejvyšší účinnosti dosahovala čistírna EKOL a to 89,4 %. Dále byla v pořadí MDČOV AKVAnov 79,3 % a jako poslední čistírna AKVAstar 57,4%. V nařízení vlády 23/2011 Sb., není účinnost čištění celkového fosforu uvedena. Jedná se totiž o kategorii do 500 EO.



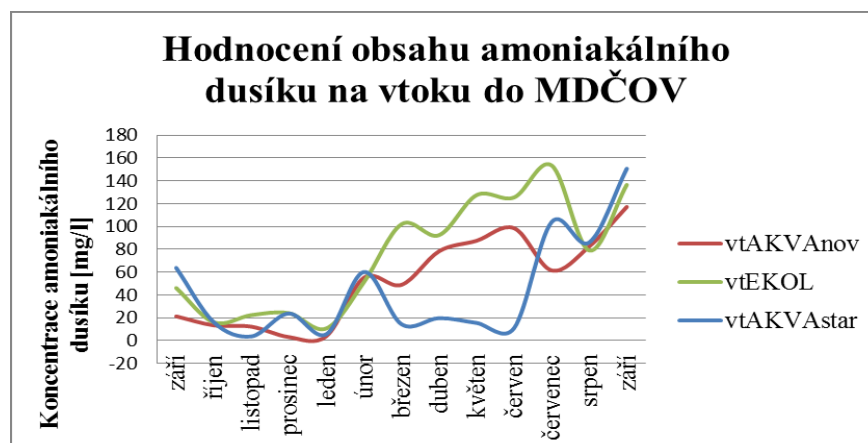
Obr. 38 Účinnosti čištění  $P_{celk}$  v průběhu období září 2013- září 2014

#### 4.1.8 Amoniakální dusík:

Amoniakální dusík je za oxických podmínek ve vodách nestálý a velmi snadno podléhá biochemické oxidaci (pomocí nitrifikačních bakterií) na dusitany a následně na dusičnany (nitrifikace). Amoniak se v přírodních vodách vyskytuje v nízkých koncentracích do 2 mg/l. Amoniakální dusík působí velmi toxicky na ryby a jiné vodní organismy. Toxicita však závisí do značné míry na hodnotě pH vody, protože toxický účinek má nedisociovaná molekula  $\text{NH}_3$ , nikoli iont  $\text{NH}_4^+$ . Disociovanou formou  $\text{NH}_4^+$  může být amoniak zastoupen při pH 6 a s rostoucím pH se koncentrace této formy snižuje. Naopak koncentrace nedisociované formy se s rostoucím pH zvyšuje. Amoniakální dusík je jedním z primárních produktů rozkladu organických dusíkatých látek, proto jeho zvýšená koncentrace indikuje fekální znečištění. [32]

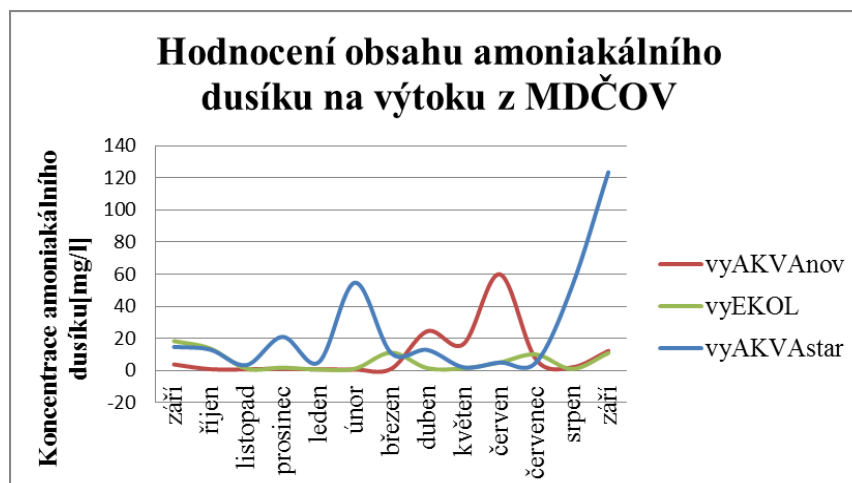
Amoniakální dusík je přítomen prakticky ve všech přírodních vodách. Jedná se jak o vody antropogenně zatížené, tak o toky, které podléhají atmosférické depozici. Převážně jsou zdrojem amoniakálního dusíku bodové zdroje znečištění. Produkce amoniakálního dusíku bývá průměrně 8 g na osobu na den. Amonné soli jsou obsaženy v některých dusíkatých hnojivech, ty se mohou do vodního toku dostávat splachy ze zemědělsky obdělávaných ploch. [32] [34]

Na grafu (obr. 39) je patrné zvýšení koncentrací amoniakálního dusíku u MDČOV AKV Astar a AKV Anov v období od února 2014 až do července 2014. V měsíci únoru a srpnu dochází ke zvláštní oscilaci u všech odběrových míst. V tomto rozmezí je patrný nárůst znečištění u čistírny EKOL. V zimních měsících byla koncentrace amoniakálního dusíku u všech MDČOV nízká a celkem stabilní.

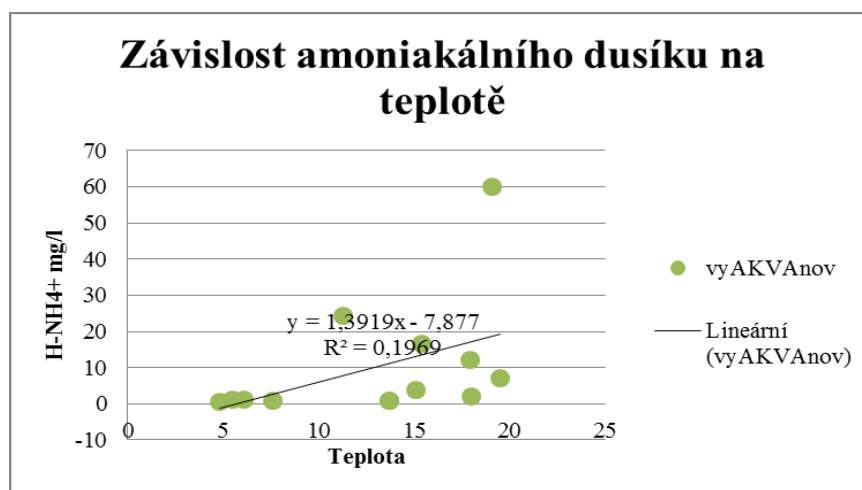


Obr. 39 Hodnocení amoniakálního dusíku na výtoku z MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014

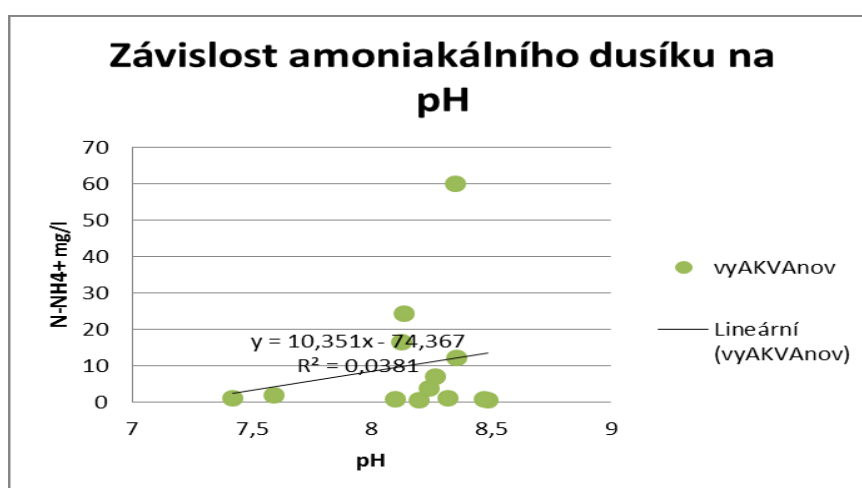
Nejvyšší koncentrace amoniakálního dusíku byly naměřeny u odběrového místa vyAKV Astar. U tohoto odběrového místa docházelo ke zvýšení koncentrace v zimních měsících dle grafu (obr. 40). V rámci ročních období docházelo u odběrového místa vyAKV Anov ke zvýšení koncentrace od dubna 2014 až do června 2014. U vzorků vyčištěné odpadní vody nedocházelo k prokazatelné závislosti  $\text{N-NH}_4^+$  na teplotě a pH během 13 měsíců. Nejvyšší závislost vykazovalo odběrové místo vyAKV Anov (obr. 41, 42).



Obr. 40 Hodnocení amoniakálního dusíku na výtoku z MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014

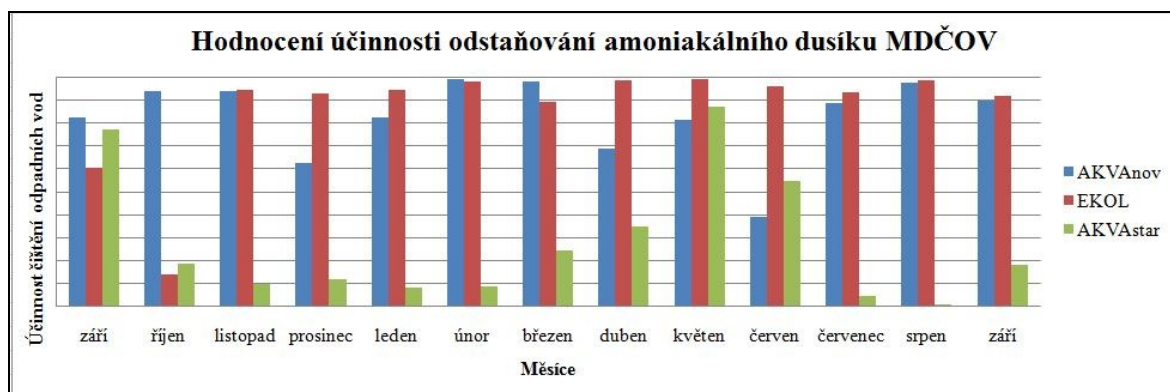


Obr. 41 Statistická závislost  $N-NH_4^+$  na teplotě na výtoku z MDČOV AKVAnov v průběhu období září 2013- září 2014



Obr. 42 Statistická závislost  $N-NH_4^+$  na pH na výtoku z MDČOV AKVAnov v průběhu období září 2013- září 2014

Minimální účinnosti odstraňování fosforu dosahovala certifikovaná čistírna typu AKVAstar a to 27,7 %. Ostatní čistírny se pohybovaly od 82,8 % do 86,2 %. Účinnosti čištění jsou znázorněny v grafu (obr. 43).



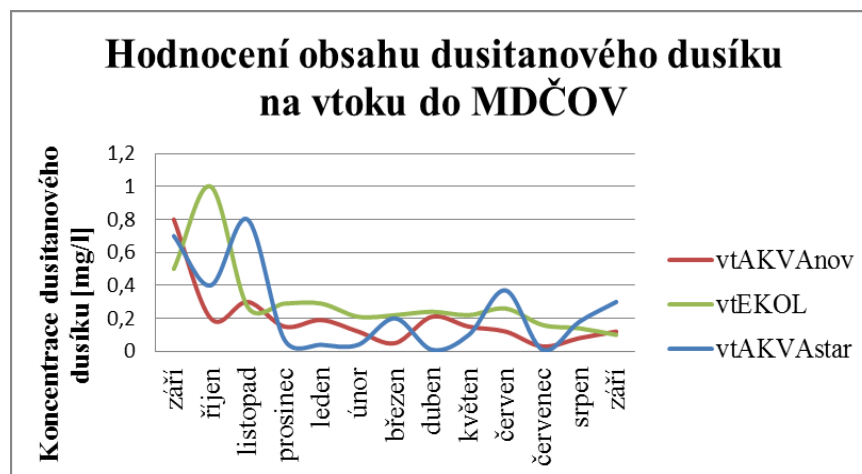
Obr. 43 Účinnosti čištění  $N-NH_4^+$  v průběhu období září 2013- září 2014

#### 4.1.9 Dusitanový dusík:

Dusitanový dusík je výsledkem oxidačně redukčních procesů, které probíhají u jednotlivých forem dusíku. Bývají výsledkem nitrifikace (mezistupěň při transformaci amoniakálního dusíku na dusičnany) nebo naopak výsledkem denitrifikace dusičnanů. Ve vodách, které byly bez antropogenního vlivu, se prakticky nevyskytují. Kromě toho se v přírodních vodách vyskytují jako produkt procesů nitrifikace a denitrifikace. Mohou se zde vyskytovat také v případě vypouštění nedostatečně vyčištěných odpadních vod, dále při nedostatečných procesech nitrifikace a denitrifikace u MDČOV. Nízké koncentrace dusitanů se nachází též v atmosférických srážkách. Přítomnost dusitanového dusíku může indikovat fekální znečištění z důvodu rozkladu organického dusíku. Organický dusík se vyskytuje v živočišných odpadech. Dusitany jsou při nízkých koncentracích toxické pro vodní organismy, zejména ryby.

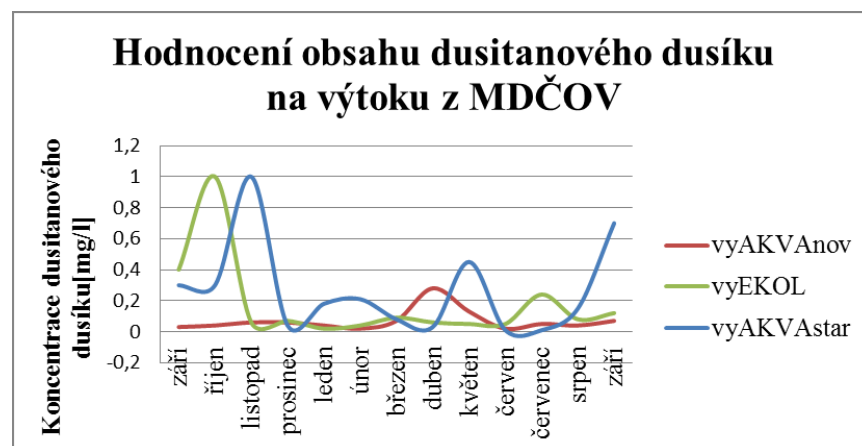
Obsah dusitanů na vstupu do MDČOV není nijak velký. K jedinému zvýšení dochází v zimních měsících dle grafu (obr. 44).



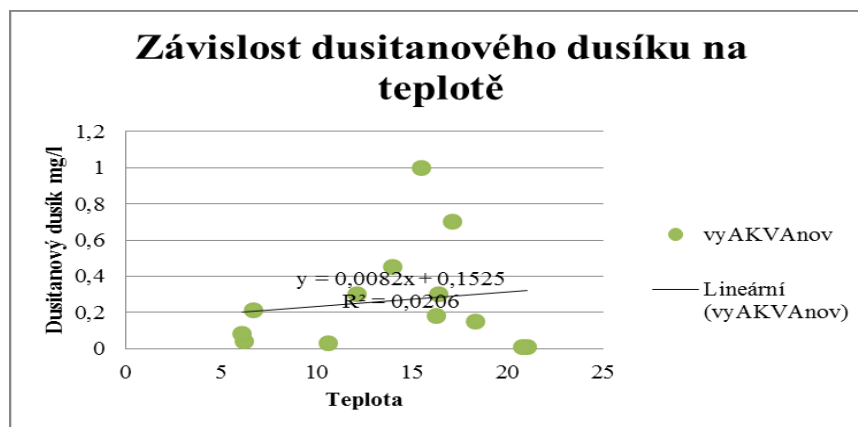


Obr. 44 Hodnocení dusitanového dusíku na vtoku do MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014

Koncentrace dusičnanů na odběrovém místě vyAKVAnov je oproti ostatním odběrovým místům minimální dle grafu (obr. 45). U výtoků z ostatních čistíren odpadních vod je nejvíce rapidní nárůst v od října 2013 až do prosince 2013. Důvodem mohou být nízké teploty vody. Statistická průkaznost závislosti dusitanového dusíku na teplotě nebyla zcela průkazná. Nejvyšší závislost vykazovalo odběrové místo vyAKVAnov (obr. 46).

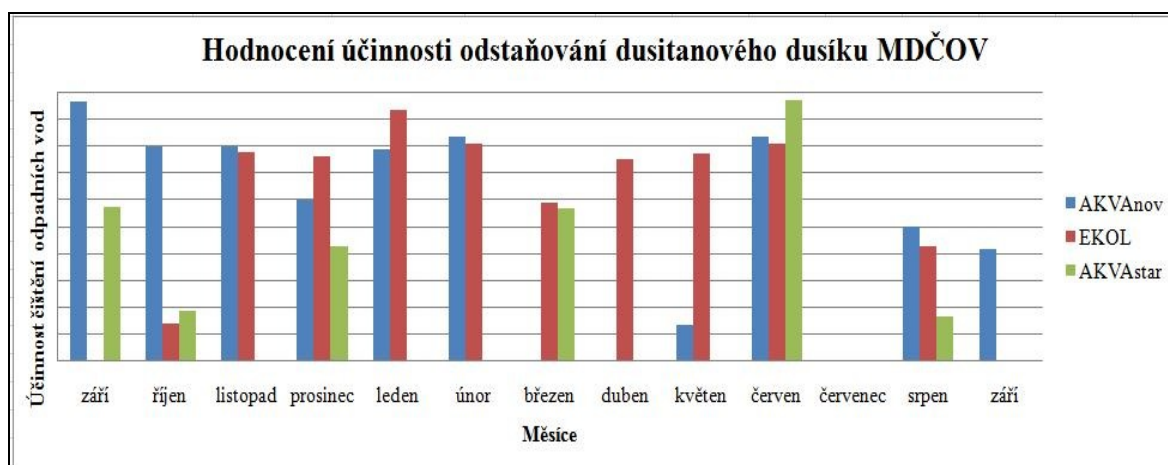


Obr. 45 Hodnocení dusitanového dusíku na výtoku z MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014



Obr. 46 Statistická závislost dusitanového dusíku na teplotě na výtoku z MDČOV AKVAnov v průběhu období září 2013- září 2014

Účinnosti čištění i při malých koncentracích dusitanů je pouze orientační (obr. 47). Nejvyšší účinnosti odstraňování dusitanového dusíku dosáhla čistírna EKOL hodnotou 52,1 %. Dále čistírna AKVAnov dosáhla hodnoty 51,3 % a nejnižší účinnost 22,3 % měla MDČOV AKVastar.



Obr. 47 Účinnosti čištění  $N-NH_2$  v průběhu období září 2013- září 2014

#### 4.1.10 Dusičnanový dusík:

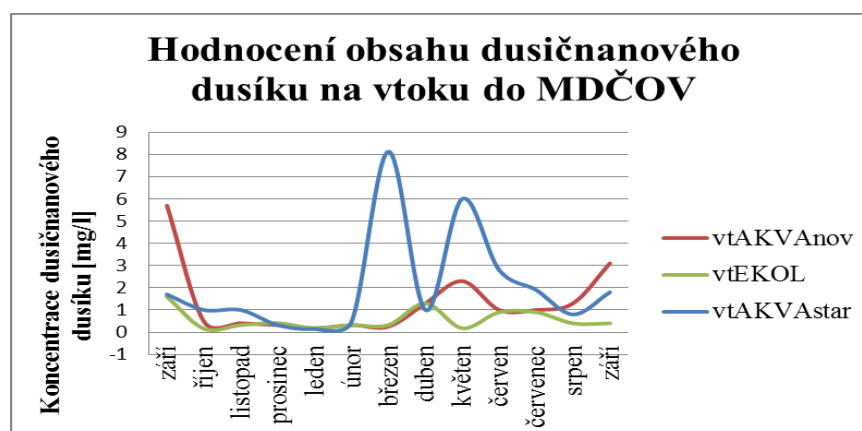
Dusičnanový dusík je konečným produktem mineralizace organicky vázaného dusíku. Za oxických podmínek je dusičnanový dusík stabilní. Za anoxických podmínek však podléhá denitrifikaci za vzniku elementárního dusíku resp. oxidu dusného. Velká koncentrace dusičnanů, případně i dusitanů bývá charakteristická pro podzemní vody v oblastech s borovými lesy, kde písčité, dobře provzdušněná půda obsahuje ve svrchních

vrstvách jednak kmeny bakterií schopných fixovat elementární dusík a jednak kmeny nitrifikačních bakterií. [34]

Dusičnany jsou přítomny v nízkých koncentracích prakticky ve všech povrchových vodách (obdobně jako amonné ionty). Antropogenní vlivy způsobují výraznější koncentrace. Dusičnany představují výrazný zdroj živin pro růst vegetace. Díky tomu má koncentrace dusičnanů v povrchových vodách výrazný roční cyklus. Nejnížší koncentrace nastávají ve vegetačním období (na jaře a v létě). Naopak mimo vegetační období dosahují koncentrace dusičnanů maximálních hodnot. Hlavním antropogenním zdrojem dusičnanů v povrchových vodách jsou plošné zdroje z nečištění v zemědělství. Díky zemědělství se do těchto vod dostávají přírodní či umělá dusíkatá hnojiva. Průmyslová hnojiva na bázi dusičnanů se mohou infiltrovat do podzemních vod díky sorpčnímu komplexu půdy. Tyto účinky zesilují drenáže a meliorace zemědělských ploch. Systémy odvádějí vody s rozpuštěnými hnojivy přímo do recipientu. Dusičnany způsobují nadměrný rozvoj sinic a řas označovaný jako eutrofizace. Další zdroje dusičnanového dusíku jsou atmosférické depozice, způsobené nejčastěji spalováním fosilních paliv. Emise oxidů dusíku se v atmosféře transformují na dusičnany a vracejí se ve srážkové vodě zpět na zem.

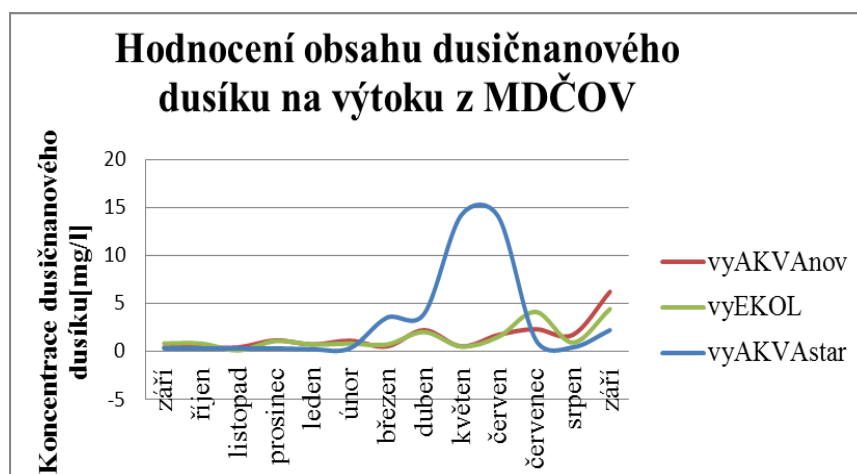
Znečištění dusičnany má veliký význam z hygienického hlediska. V trávicím traktu člověka se mohou redukovat na dusitany, které jsou toxičtější. V krvi reagují s hemoglobinem na methemoglobin a zabraňují tím přenosu kyslíku v krvi. [32]

Nejvyšších hodnot koncentrace dusičnanového dusíku jsou dosaženy na vtoku do MDČOV AKVAstar (obr. 48). Ostatní MDČOV neprokazují vysoké koncentrace dusičnanového dusíku.



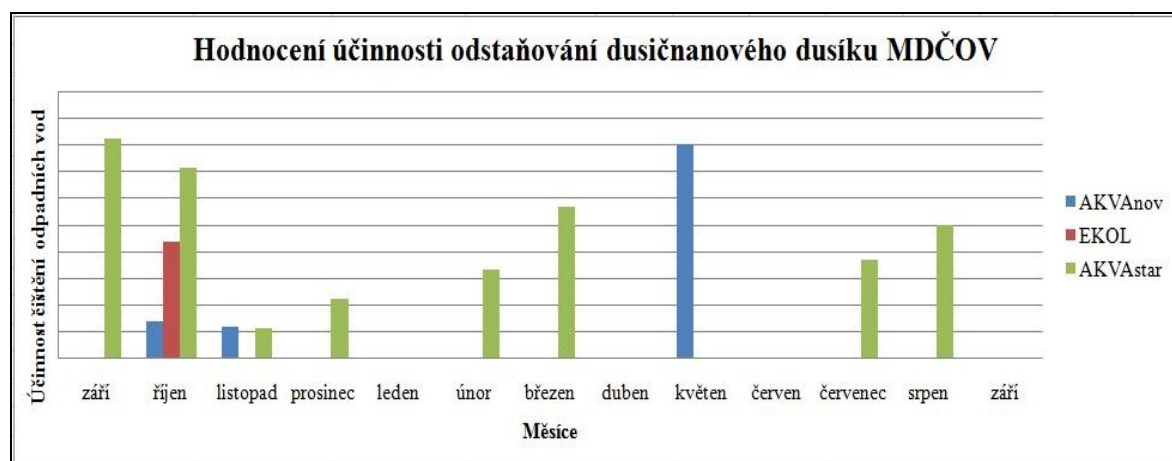
Obr. 48 Hodnocení dusičnanového dusíku na vtoku do MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014

Z grafu obr. 49 je patrné zvýšení koncentrace dusičnanového dusíku v toku u odběrového místa vyAKVAstar od března do června. Poměrně nízké hodnoty dusičnanového dusíku a vysoké hodnoty amoniakálního dusíku naznačují, že mohlo docházet ke zpětné denitrifikaci. Dalším důvodem vysokých koncentrací amoniakálního dusíku na výtoku u čistírny typu Akvatik VH 6, mohlo být špatné technologické uspořádání (v obou případech chyběla záchytná jímka).



Obr. 49 Hodnocení dusičnanového dusíku na výtoku z MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014

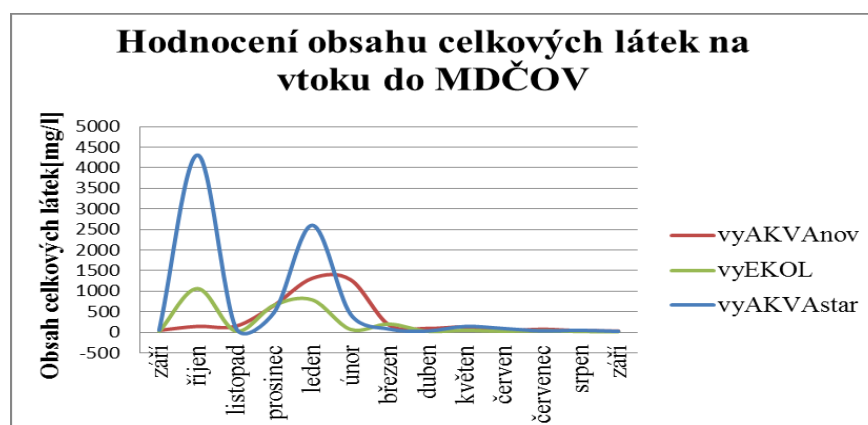
Účinnosti čištění dusičnanů jsou nízké nejspíš z důvodu špatné denitrifikace (obr. 50). Pohybují se od 3,4 % u MDČOV EKOL až po 28% u MDČOV AKVAstar.



Obr. 50 Účinnosti čištění N-NH<sub>3</sub> v průběhu období září 2013- září 2014

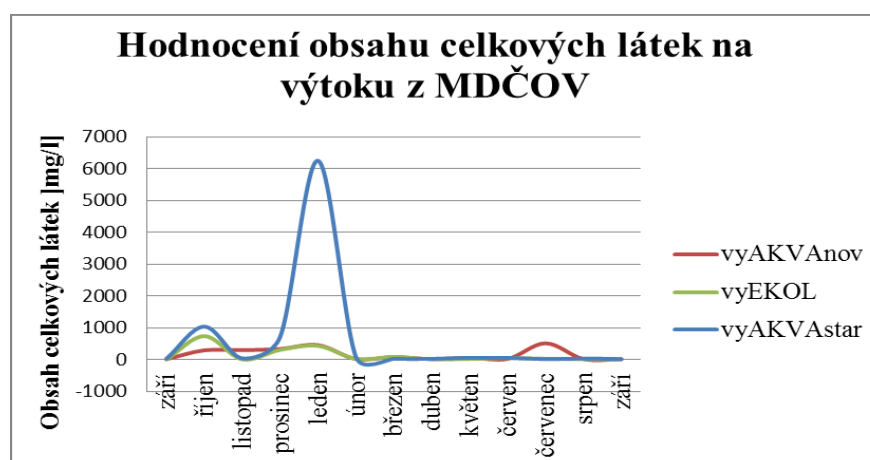
#### 4.1.11 Celkové látky:

Hodnocení veškerých látek na toku je rozděleno na nerozpuštěné látky a rozpuštěné látky. Pro stanovení nerozpuštěných a rozpuštěných látek se využívá metoda gravimetrická. Látky nerozpuštěné a rozpuštěné se dělí filtrací. Hodnocení obsahu celkových látek na vstupu a výstupu z MDČOV je zhodnocen v grafu (obr. 51 a 52). Na vstupu do MDČOV jsou patrné zvláštní oscilace v zimním období. Ke zvýšení obsahu celkových látek docházelo v období října 2013 a ledna 2014 u MDČOV AKVAstar. [35]



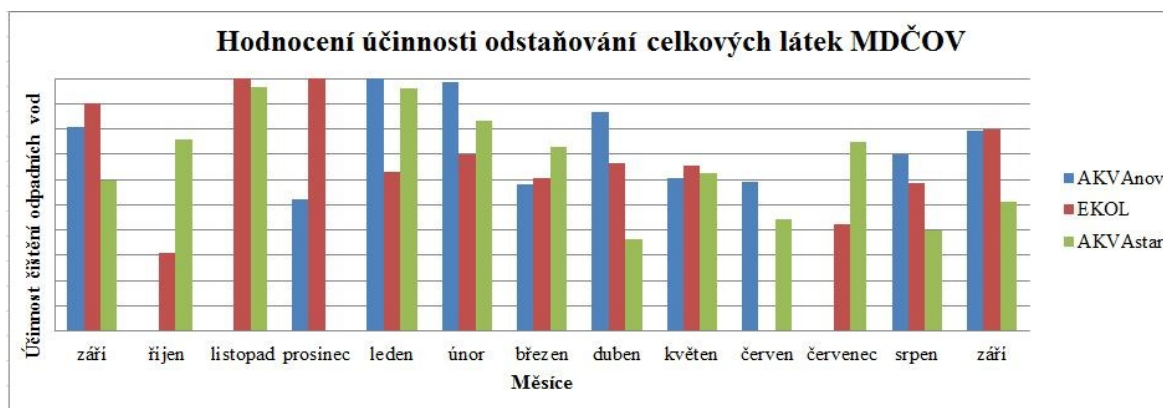
Obr. 51 Hodnocení celkových látek na vstupu do MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014

Z grafu obr. 52 je patrný vysoký nárůst v období ledna na výstupu z MDČOV AKVAstar. Je možné, že v průběhu prosince se gradovala hodnota obsahu celkových látek (období Vánoc) a v lednu dosahovala hodnota 6248 mg/l. V únoru proběhla údržba této čistírny (AKVAstar) a obsah celkových látek byl snížen.



Obr. 52 Hodnocení celkových látek na výstupu z MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014

Celkové látky jsou hodnoceny v rámci účinnosti čištění odpadních vod v grafu obr. 53. Nejvyšší účinnost čištění dosahovala MDČOV EKOL hodnotou 63,7 %, další v pořadí byla čistírna AKVAstar s hodnotou 61,1 % a nakonec AKVAnov dosahovala 57,4 %.

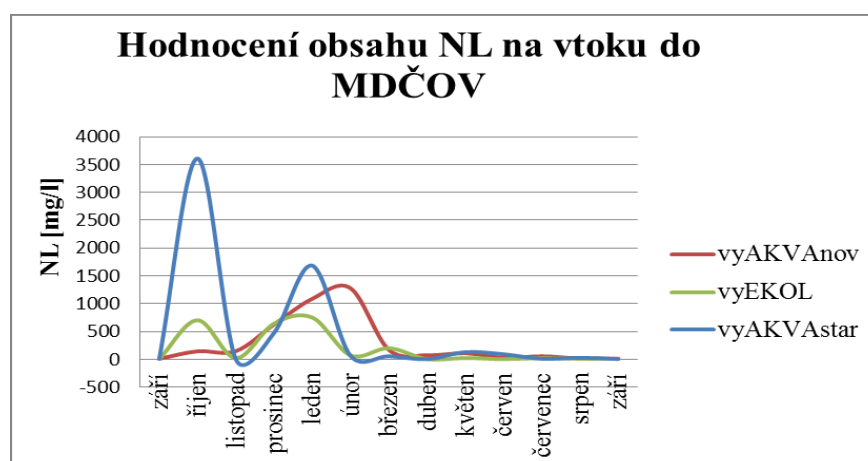


Obr. 53 Účinnosti čištění celkových látek v průběhu období září 2013- září 2014

#### 4.1.12 Nerozpuštěné látky:

Nerozpuštěné látky se dělí na organické a anorganické. Organické nerozpuštěné látky mohou být biologicky rozložitelné (škroby), nerozložitelné (plasty), usaditelné (vlákna), neusaditelné (papír), koloidní (prádlo) a plovoucí (písek). [35]

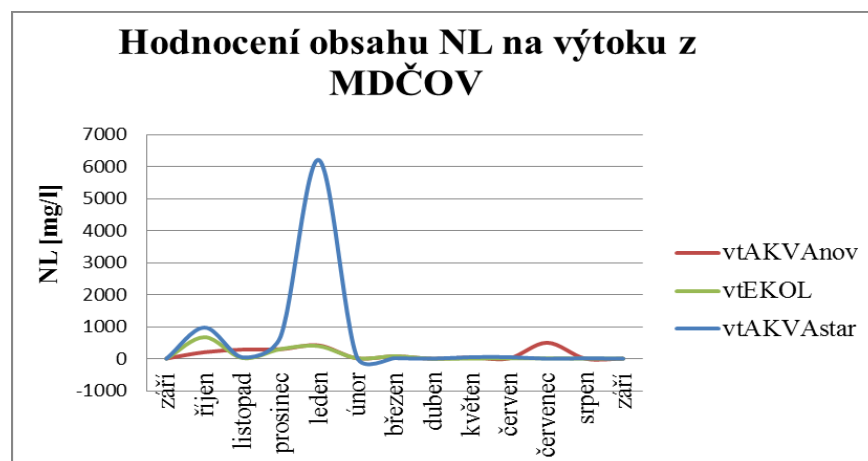
Na grafu obr. 54 jsou patrné zvláštní oscilace u výtoku z čistírny AKVAstar. V měsíci říjnu a lednu zde docházelo ke zvýšení obsahu nerozpuštěných látek.



Obr. 54 Hodnocení nerozpuštěných látek na vtoku do MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014

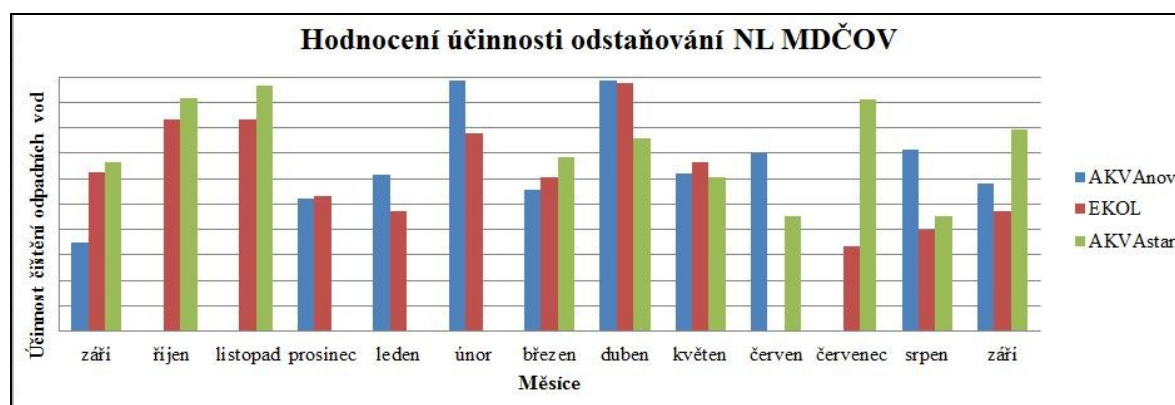
Průměrná koncentrace znečištění „p“ pro NL dle nařízení vlády 23/2011 Sb., je pro tento ukazatel rovna 50 mg/l. U žádné čistírny nebyl překročen emisní standard „p“.

Na grafu obr. 55 je patrný obsah nerozpuštěných látek u výtoků z MDČOV. Ke zvláštní oscilaci dochází u čistírny AKV Astar v měsíci lednu.



Obr. 55 Hodnocení nerozpuštěných látek na výtoku z MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014

Účinnost odstraňování nerozpuštěných látek je patrná z grafu (obr. 56). Účinnosti čištění všech MDČOV jsou oproti legislativnímu kritériu velmi nízké u všech MDČOV. Účinnosti odstraňování NL se pohybovaly od 50% do 60 %.



Obr. 56 Účinnosti čištění NEL v průběhu období září 2013- září 2014

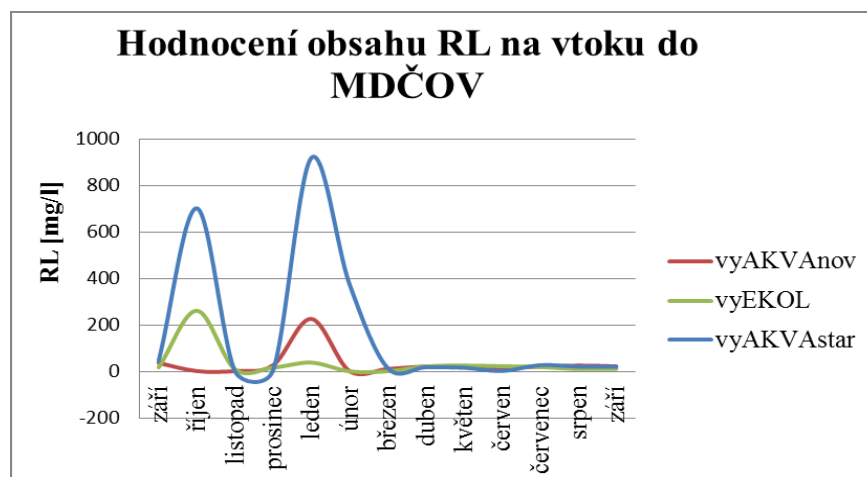
#### 4.1.13 Rozpuštěné látky:

Rozpuštěné látky se dělí na organické a anorganické látky. Mezi organické (biologicky rozložitelné) látky patří cukry a mastné kyseliny. Mezi organické (biologicky



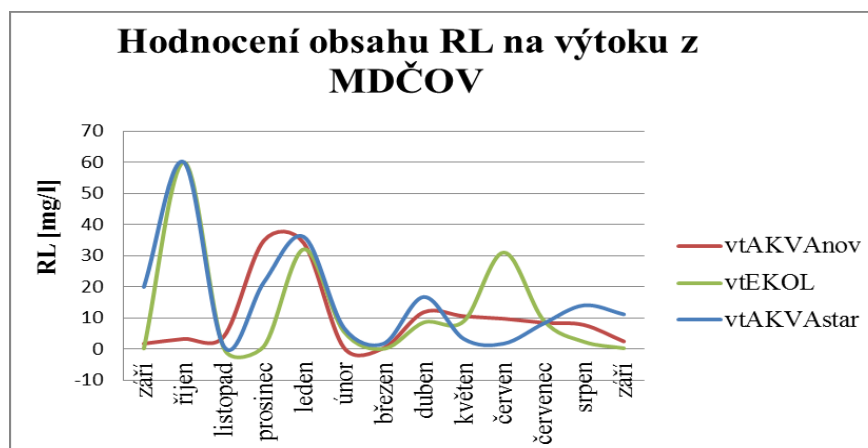
nerozložitelné) látky patří azobarviva a léčiva. Za anorganické rozpuštěné látky považujeme těžké kovy a sulfidy. [35]

Na grafu obr. 57 jsou patrné zvláštní oscilace u výtoku z čistírny AKVAstar. V měsíci říjnu a lednu zde docházelo ke zvýšení obsahu rozpuštěných látek.



Obr. 57 Hodnocení rozpuštěných látek na vstupu do MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014

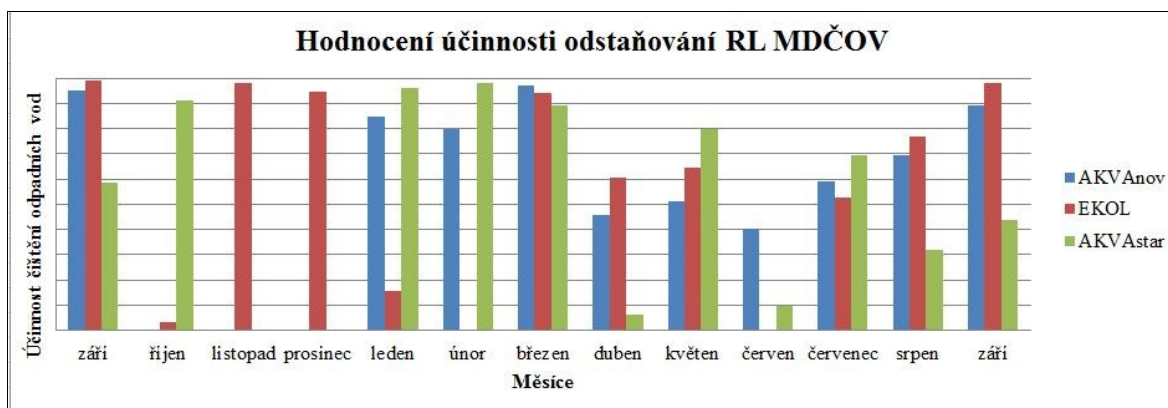
Na grafu obr. 58 jsou patrné zvláštní oscilace na výtoku u všech čistíren. Nejnižší obsah RL byl zjištěn u čistírny AKVAnov po dobu všech 13 měsíců.



Obr. 58 Hodnocení rozpuštěných látek na výstupu z MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014

Účinnost odstraňování rozpuštěných látek je patrná z grafu (obr. 59). Účinnosti čištění rozpuštěných látek není zahrnuta v legislativních kritériích. Účinnosti odstraňování RL se pohybovalo od 50% do 60 %. Nejvyšší účinnosti dosahovala MDČOV EKOL

hodnotou 57,9 %, dále se umístila čistírna AKVAstar 55,4 % a jako poslední AKVA nov hodnotou 51,1 %.

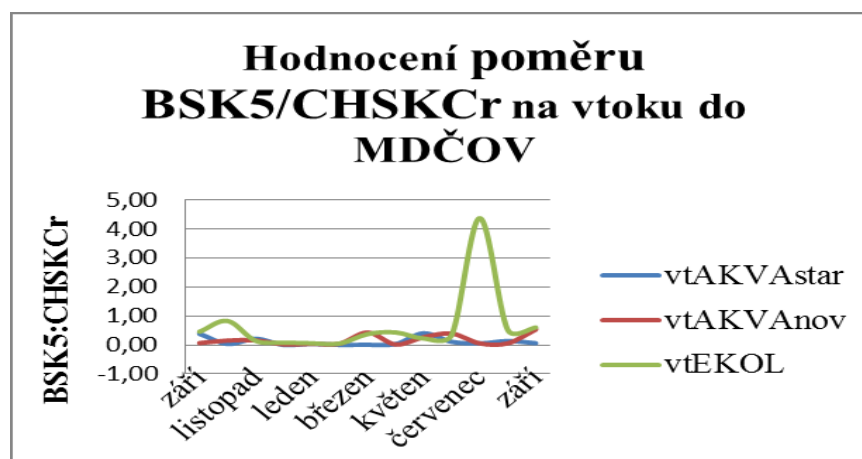


Obr. 59 Účinnosti čištění RL v průběhu období září 2013- září 2014

#### 4.3.14 Poměr BSK: CHSK

Poměr  $BSK_5$ :  $CHSK_{Cr}$  indikuje biochemickou rozložitelnost organických látek v odpadních vodách. Čím je tento poměr vyšší, tím je ve vzorku více biologicky rozložitelných látek. Ukazuje možnosti biologické odbouratelnosti organického znečištění. U vyčištěných odpadních vod (biologicky) se poměr BSK:CHSK pohybuje od 0,1-0,2. U surových odpadních vod se tento poměr pohybuje od 0,5 do 0,75. V případě čistých povrchových vod bývá níže než 0,1. Čím více se tento poměr blíží hodnotě 1, tím lépe se dají odpadní vody biologicky čistit. [32]

Anomálie v rámci poměru BSK: CHSK se nachází na odběrovém místě vEKOL v měsíci červenci (obr. 60). Ostatní měsíce se nevyskytla zvýšená koncentrace organicky rozložitelných látek.



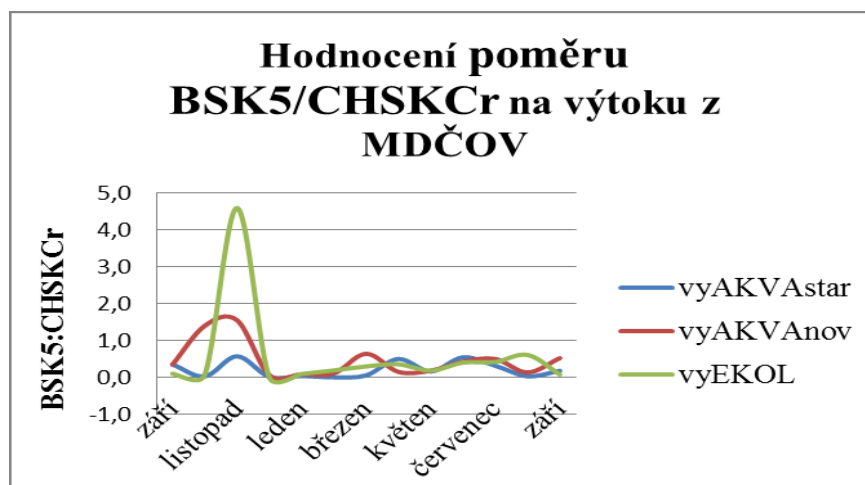
Obr. 60 Hodnocení poměru BSK:CHSK na vstupu do MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014

Většina emisních odběrových míst odpovídá hůře biologicky vyčištěné odpadní vodě. U odběrového místa vyAKVAstar se tento poměr pohybuje pouze v rozmezí 0,1 – 0,6. U samotných MDČOV se poměr BSK:CHSK pohybuje od 0,03-0,83. Dle sumarizace v tabulce 5 dochází k nízkému nárůstu biologicky odbouratelných látek na výstupu z MDČOV.

Tabulka 5. Hodnocení závislosti BSK: CHSK dle průměrných koncentrací znečištění „p“

Odběrové místo	vyAKVAnov	vyEKOL	vyAKVAstar
CHSK <sub>Cr</sub> „p“	15,4	15,1	153,2
BSK <sub>5</sub> (NEK-RP) „p“	4,2	3,7	22,3
BSK <sub>5</sub> /CHSK <sub>Cr</sub>	0,27	0,24	0,15

Nejvyšší poměr se nachází u odběrového místa vyEKOL v měsících září 2013 až listopad 2013 dle grafu (obr. 61). Nejnižší poměr byl u všech odběrových míst (vyEKOL, vyAKVAstar a vyAKVAnov) v prosinci 2013. Anomálie v rámci poměru BSK: CHSK se nachází na střední části Prlovského potoka (odběrové místo vyEKOL) v měsíci listopadu. Samotné odběrové místo vyEKOL může mít vliv na obsah organických látek v nižších částech toku. V ostatních měsících jsou hodnoty v rozmezí od 0,1 do 0,5, což je poměr mírně vyšší než u klasických vyčištěných odpadních vod.



Obr. 61 Hodnocení poměru BSK:CHSK na výtoku z MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014

## 4.2 Srovnání možného znečištění Prlovského potoka

V období od září 2013 do září 2014 byl proveden odběr imisních vzorků vody pro zhodnocení znečištění Prlovského potoka. Vzorek č. 1 (kontrolní) byl odebíráán nad oblastí výskytu MDČOV. Imisní vzorek vody č. 2 byl odebíráán pod všemi MDČOV ve zregulované části Prlovského potoka. Jednotlivé ukazatele znečištění byly zařazeny do tříd jakosti vod (dle ČSN 75 7221) a porovnány s platnou legislativou (23/2011 Sb.). Výsledné hodnoty byly statisticky zpracovány a jsou uvedeny v tabulce 6 a 7.

Tabulka 6 Statistika k imisním hodnotám kontrolního vzorku č. 1

Kontrolní vzorek vody 1	teplota [° C]	pH [-]	konduktivita [mS/m]	O <sub>2</sub> [mg/l]	CHSK <sub>Cr</sub> [mg/l]	BSK <sub>5</sub> [mg/l]	P <sub>celk</sub> [mg/l]	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> [mg/l]	N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> [mg/l]	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/l]	NL <sub>105</sub> [mg/l]	RL <sub>105</sub> [mg/l]	RL <sub>105</sub> +NL <sub>105</sub> [mg/l]
C <sub>90</sub>	19,7	8,21	150	5,08	24,2	14,3	0,12	1,2	1,02	0,85	7,51	321	333
NEK-RP	12,59	7,68	111,46	8,33	10,38	4,10	0,11	1,36	0,12	0,35	6,92	68,90	75,820769
Aritmetický průměr	12,59	7,68	111,46	8,33	10,38	4,1	0,11	1,36	0,12	0,35	6,92	68,9	75,82
Geometrický průměr	11,29	7,67	106,82	7,79	5,40	1,58	0,08	0,71	0,03	0,23	3,70	24,97	30,25
Medián	12,1	7,5	110	8,41	6,22	2,3	0,08	0,82	0,02	0,2	6,3	18,2	24,62
Maximum	20,9	8,37	150	12,8	25,7	14,6	0,4	9,2	0,72	0,97	34	386	420
Minimum	4,5	7,28	47	3,06	0,75	0,2	0,02	0,13	0,01	0,02	0,5	5,12	6,3
Směrodatná odchylka	5,3	0,4	28,9	2,8	9,7	5,2	0,1	2,3	0,2	0,3	8,5	122,2	129,5

\*Zeleně jsou značeny hodnoty, které překročily normu environmentální kvality NEK-RP

\*Barevně jsou značeny hodnoty, které byly zařazeny do tříd jakosti dle ČSN 75 7221

Tabulka 6 uvádí jednoduchou statistickou analýzu pro naměřené hodnoty všech teplot, kterých vyčištěná voda dosahovala v průběhu měření (září 2013 a září 2014). Maximální hodnota byla rovna 20,9 °C. Minimální hodnoty se pohybovaly v zimních

měsících v rozmezí 4,5 °C. Z naměřených hodnot vyplývá, že dlouhodobě nedošlo k překročení přípustných imisních limitů teploty na horní části potoku Prlov. Tzn. limitní hodnota NEK- RP 20 °C, nebyla překročena.

Hodnoty pH se pohybovaly v rozmezí 7,28-8,37. Z naměřených hodnot pH je patrné, že na odběrovém místě imisního vzorku 1 nedošlo k překročení limitu NEK- RP. U ukazatele  $c_{90}$  se hodnota pH rovnala 8,21.

Hodnota konduktivity na tomto odběrovém místě se pohybovala od 45 mS/m do 150 mS/m. Průměrná hodnota konduktivity byla rovna 111,5 mS/m. Hodnota  $c_{90}$  byla rovna 150 mS/m. Horní část toku byla zařazena do IV. třídy jakosti povrchových vod „silně znečištěná voda“. Pokud povrchové vody spadají do IV třídy jakosti, umožňují existenci pouze nevyváženého ekosystému.

Minimální a maximální hodnoty rozpuštěného kyslíku se během září 2013- září 2014 pohybovaly cca od 3,06 mg/l do 12,8 mg/l. Norma environmentální kvality udává, že hodnoty rozpuštěného kyslíku se musí v toku pohybovat nad 9 mg/l. U výsledků naměřených hodnot dosahovaly hodnoty NEK- RP 8,33 mg/l, což je mírně pod limitní hodnotou. Dle normy ČSN 75 7221 (hodnoty  $c_{90}$ ) bylo toto odběrové místo zařazeno do jakostní třídy III „znečištěná voda“. Hodnota  $c_{90}$  byla 5,08 mg/l. Tato třída jakosti udává, že na toku nemusí být vytvořeny podmínky existence udržitelného a vyváženého ekosystému. Nízký obsah kyslíku mohl být způsoben vyšším obsahem bakterií v toku, které rozkládaly organický materiál. Rychlost rozkladných procesů je závislá na intenzitě znečištění toku, teplotě a proudění vody v korytě. Mohlo docházet ke většímu znečištění toku i díky zemědělské činnosti.

Minimální a maximální hodnoty  $CHSK_{Cr}$  během září 2013- září 2014 se pohybovaly cca od 0,75 mg/l do 25,7mg/l. Při porovnání hodnot  $CHSK_{Cr}$  s nařízením vlády 23/2011 Sb., nebyla u imisního vzorku 1 překročena norma environmentální kvality vodního toku. Limitní hodnota pro  $CHSK_{Cr}$  je dle nařízení vlády 23/2011 Sb., rovna 26 mg/l. Dle hodnoty  $c_{90}$  nedocházelo u tohoto odběrového místa k výraznému znečištění ( $c_{90}$  rovno 24,2 mg/l) a proto spadá do II. třídy jakosti vod „mírně znečištěná voda“.

Hodnota  $BSK_5$  se na tomto odběrovém místě pohybovala od 0,2 mg/l do 14,6 mg/l. Limitní hodnota NEK-RP ukazatele znečištění  $BSK_5$  dle nařízení vlády 23/2011 Sb., je rovna 3,8 mg/l. Tato limitní hodnota byla u odběrového místa 1 mírně překročena a

dosáhla hodnoty 4,1 mg/l. Ukazatel  $c_{90}$  dosáhl hodnoty 14,3 mg/l, což zařazuje toto odběrové místo do IV. třídy jakosti vod.

Průměrná hodnota obsahu celkového fosforu byla rovna 0,11 mg/l. Tato hodnota byla vyšší než norma environmentální kvality. Mohlo to být způsobeno aplikací fosforečnanových hnojiv v rámci zemědělské činnosti. Největší maximální hodnota byla naměřena v měsíci září 2014 a to 0,4 mg/l. Nejvýše položené odběrové místo 1 bylo zařazeno do II. třídy jakosti vod na základě ukazatele  $c_{90}$ .

Hodnoty amoniakálního dusíku se pohybovaly v rozmezí 0,13 mg/l až 9,2 mg/l. Nařízení vlády 23/2011 Sb., udává imisní limit amoniakálního dusíku 0,23 mg/l. Limitní hodnota spadá do kategorie „ostatní toky“ (mimo toky vodárenské). U vzorku 1 byl překročen limit amoniakálního dusíku NEK-RP hodnotou 1,36 mg/l. Limit  $c_{90}$  byl roven 1,2 mg/l, což horní část toku zařazuje do kategorie III „znečištěná voda“. Mohlo to být způsobeno chovem dobytka v blízkosti vodního toku.

Maximální hodnota dusitanového dusíku byla rovna 0,72 mg/l a minimální se rovnala 0,01 mg/l. Průměrná hodnota dusitanového dusíku v horní části toku byla rovna 0,12 mg/l. Dle nařízení vlády 23/2011 Sb., je limitní hodnota NEK-RP dusitanového dusíku v povrchových vodách 0,09 mg/l (tato hodnota se udává pro lososové vody). Z tabulky 6 je patrné, že odběrové místo překračuje imisní limit dusitanů dané příslušnou legislativou.

Hodnota dusičnanového dusíku  $c_{90}$  byla rovna 0,85 mg/l, což tok zařadí do kategorie I „neznečištěná voda“. Další ukazatele ( $RL_{105}$ ,  $NL_{105}$  a celkové látky) byly dle NEK-RP zcela v normě.

Tabulka 7 Statistika k imisním hodnotám vzorku č. 2

Imisní vzorek vody 2	teplota [° C]	pH [-]	konduktivita [mS/m]	O <sub>2</sub> [mg/l]	CHSK <sub>cr</sub> [mg/l]	BSK <sub>5</sub> [mg/l]	P <sub>celk</sub> [mg/l]	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> [mg/l]	N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> [mg/l]	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/l]	NL <sub>105</sub> [mg/l]	RL <sub>105</sub> [mg/l]	RL <sub>105</sub> +NL <sub>105</sub> [mg/l]
C <sub>90</sub>	20,1	8,34	621	3,7	68,4	23,4	4,2	7,36	0,68	1,63	33,8	796	64,6
NEK-RP	19,70	7,63	415,31	6,55	31,27	10,43	8,02	5,14	0,22	1,52	12,14	126,04	138,17846
Aritmetický průměr	12,59	7,68	415,31	6,55	31,27	10,43	0,11	1,36	0,12	0,35	6,92	68,9	75,82
Geometrický průměr	12,13	7,81	363,84	6,07	24,81	8,05	5,02	4,47	0,13	0,75	7,33	42,23	52,22
Medián	12,8	7,74	420	7,1	27,1	6,3	3,4	4,24	0,11	0,75	9,3	27,3	35,9
Maximum	21,2	8,36	879	11,4	74,7	26,2	21,2	15,7	0,913	9,3	49	796	829,8
Minimum	5,2	7,4	150	2,75	6,8	2,84	1,8	1,47	0,04	0,08	1,2	7,3	10
Směrodatná odchylka	5,2	0,3	206,5	2,5	20,7	7,6	7,8	4,0	0,3	2,4	13,2	233,2	244,8

\*Zeleně jsou značeny hodnoty, které překročily normu environmentální kvality NEK-RP

\*Barevně jsou značeny hodnoty, které byly zařazeny do tříd jakosti dle ČSN 75 7221

V tabulce 7 jsou uvedeny naměřené hodnoty pro různé ukazatele znečištění spodní části Prlovského potoka (vzorek vody 2). Tyto ukazatele byly zpracovány jednoduchou statistickou analýzou.

Teploty na dolní části potoku Prlov se pohybovaly v rozmezí od 5,2 °C do 21,2 °C. Z naměřených hodnot teploty (pro období září 2013- září 2014) vyplývá, že dlouhodobě nedošlo k překročení imisních limitů NEK- RP 20 °C.

Hodnoty pH se v dolní části toku pohybovaly od 7,4 do 8,36. Při srovnání hodnot pH bylo zjištěno, že na odběrovém místě imisního vzorku 2 nedošlo k překročení limitu NEK- RP. U ukazatele  $c_{90}$  se hodnota pH rovnala 8,24.

Rozsah konduktivity se pohyboval od 150 mS/m do 879 mS/m. Průměrná hodnota konduktivity byla na tomto odběrovém místě rovna 415,3 mS/m. Hodnota  $c_{90}$  byla rovna 621 mS/m. Dolní část toku byla zařazena do V. třídy jakosti povrchových vod „velmi silně znečištěná voda“. S velkou pravděpodobností to mohlo být způsobeno narůstajícím bodovým znečištěním (MDČOV a septiky), protože v horní části toku byla konduktivita rovna 150 mS/m.

Maximální a minimální hodnoty rozpuštěného kyslíku se během září 2013- září 2014 pohybovaly od 2,75 mg/l do 11,4 mg/l. Dle tabulky 7 byla překročena norma environmentální kvality u hodnoty rozpuštěného kyslíku. Hodnota rozpuštěného kyslíku NEK- RP byla rovna 6,55 mg/l. Dle normy ČSN 75 7221 (hodnoty  $c_{90}$ ) bylo toto odběrové místo zařazeno do jakostní třídy IV „ silně znečištěná voda“. Hodnota rozpuštěného kyslíku v tomto místě toku dosahovala hodnoty  $c_{90}$  3,7 mg/l. Při srovnání s odběrovým místem 1 v horní části toku dochází k úbytku rozpuštěného kyslíku v dolní části toku. Tento úbytek naznačuje, že nefunguje dobře samočistící schopnost toku.

Maximální a minimální hodnoty  $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$  se pohybovaly v rozmezí 74,7 mg/l až 6,8 mg/l. Imisní limitní hodnota NEK- RP pro  $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$  je dle nařízení vlády 23/2011 Sb., rovna 26 mg/l. U imisního vzorku vody 2 byl tento limit mírně překročen a měl hodnotu 31,27 mg/l. Dle hodnoty  $c_{90}$  docházelo u tohoto odběrového místa k výraznému znečištění. Hodnota  $c_{90}$  byla v tomto úseku toku rovna 68,4 mg/l což tok zařadilo do V. třídy jakosti vod „velmi silně znečištěná voda“. Koncentrace  $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$  závisí na vodnosti toku (čím je větší průtok, tím koncentrace  $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$  klesají). Tyto skutečnosti mohou ovlivnit



antropogenní zátěž z bodových zdrojů znečištění. V mém případě nedocházelo k dostatečnému naředění  $CHSK_{Cr}$  v toku.

Rozsah  $BSK_5$  se pohyboval od 26,2 mg/l do 2,84 mg/l. Limitní hodnota NEK-RP ukazatele znečištění  $BSK_5$  dle nařízení vlády 23/2011 Sb., je pro tento ukazatel roven 3,8 mg/l. Tato limitní hodnota byla u odběrového místa 2 překročena hodnotou 10,43 mg/l. Ukazatel  $c_{90}$  dosáhl hodnoty 23,4 mg/l a to v letních měsících, což zařazuje toto odběrové místo do V. třídy jakosti vod „velmi silně znečištěná voda“. Toto znečištění mohlo být zejména způsobeno bodovými zdroji znečištění (MDČOV a septiky) a také částečně zemědělstvím.

Hodnoty celkového fosforu se pohybovaly v této části toku od 1,8 mg/l do 21,2 mg/l. Průměrná hodnota obsahu celkového fosforu byla rovna 8,02 mg/l. Tato hodnota byla rapidně vyšší než norma environmentální kvality. Mohlo to být způsobeno vypouštěním nedostatečně vyčištěných odpadních vod a také aplikací fosforečnanových hnojiv v rámci zemědělské činnosti. Nejnižší položené odběrové místo 2 bylo zařazeno do V. třídy jakosti vod na základě ukazatele  $c_{90}$  (4,2 mg/l).

Hodnoty amoniakálního dusíku se pohybovaly v této části toku od 1,47 mg/l do 15,7 mg/l. Imisní limit amoniakálního dusíku je roven 0,23 mg/l. U vzorku 2 byl překročen limit amoniakálního dusíku NEK-RP hodnotou 5,14 mg/l. Limit  $c_{90}$  byl roven 7,36 mg/l a tato část toku byla zařazena do kategorie V „velmi silně znečištěná voda“. Mohlo to být způsobeno vypouštěním zbytkového znečištění, jehož zdrojem byly hlavně MDČOV a septiky.

Rozsah dusitanového dusíku se pohyboval od 0,04 mg/l do 0,913 mg/l. Limitní hodnota NEK-RP dusitanového dusíku v povrchových vodách 0,09 mg/l. Z tabulky 7 je patrné, že odběrové místo překračuje normu environmentální kvality a má hodnotu 0,22 mg/l. Hodnoty dusitanového dusíku v dolní části toku se pohybovaly od 0,04 mg/l až do 0,913 mg/l. Což koriguje s hodnotami dusitanového dusíku v horní části toku.

Maximální a minimální hodnoty dusičnanového dusíku se během září 2013- září 2014 pohybovaly od 0,08mg/l do 9,3 mg/l. Hodnota dusičnanového dusíku NEK-RP byla rovna 1,52 mg/l a nebyl tím pádem překročen limit dusičnanového dusíku v toku. Hodnota  $c_{90}$  byla rovna 1,63 mg/l, což tok zařazuje do kategorie jakosti toku I „neznečištěná voda“.

Další ukazatele ( $RL_{105}$ ,  $NL_{105}$  a celkové látky) byly dle NEK-RP zcela v normě.

## 5. ZÁVĚR A DOPORUČENÍ

Hlavním cílem diplomové práce bylo zhodnocení účinnosti čištění třech MDČOV aktivačního typu. Dále byly srovnány emisní hodnoty vody na výtoku z MDČOV s nařízením vlády 23/2011 Sb.. Nejvyšší účinnosti čištění dosahovaly všechny čistírny při odbourávání  $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$ . Účinnost čištění se pohybovala od 93,1 % u MDČOV AKVAstar a do 97,9 % u nejmladší MDČOV AKVAnov. Zvláštností je, že nejstarší MDČOV EKOL má vyšší účinnost čištění 97,4 % než novější typ čistírny AKVAstar. Může to být způsobeno větším objemem nádrže, lepší údržbou a lepší zapracovaností čistírny. Obě certifikované čistírny (AKVAstar a AKVAnov) mají účinnost čištění  $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$  nad 75 %, což je minimální hodnota pro certifikát CE. Dle předepsané účinnosti čištění 70 % (uvedené v nařízení vlády 23/2011 Sb.) vyhovuje také čistírna EKOL. Emisní hodnoty koncentrací  $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$  byly nejvyšší u odběrového místa vyAKVAstar. U tohoto odběrového místa dosahovaly hodnoty až 153,3 mg/l, což převyšuje emisní limitní hodnotu „p“.

Účinnost odstraňování  $\text{BSK}_5$  byla u aktivačních čistíren AKVAnov a EKOL kolem 94 %, což je velmi dobré. U čistírny AKVAstar byla účinnost čištění odpadních vod pod 73,3 %, což nevyhovuje parametrům pro certifikované MDČOV (80 %) a ani nařízením vlády 23/2011 Sb. (85 %). Dle průměrných koncentrací „p“ nebyl překročen u žádné MDČOV emisní limit vyčištěné odpadní vody.

Účinnost odstraňování NL byla u všech čistíren velmi nízká. Pro certifikované MDČOV by se měla účinnost čištění odpadních vod (NL látek) pohybovat kolem 90 %. V této studii dosahují účinnosti čištění MDČOV minimálně 50 %, což je nedostačující pro čistírny AKVAnov a AKVAstar. V nařízení vlády 23/2011 Sb. je průměrná koncentrace „p“ rovna 50 mg/l. U žádné čistírny nebyl překročen emisní standard „p“.

Další ukazatele znečištění pro srovnání účinností, nebo emisních limitů vyčištěné odpadní vody norma nevyžaduje, ale například u amoniakálního dusíku byla účinnost čištění u MDČOV AKVAstar 27,7 %. Ostatní čistírny se pohybovaly nad hodnotou 80%. MDČOV AKVAstar dosahuje nejvyšších hodnot amoniakálního dusíku (emisní standard). Při porovnání emisních hodnot jednotlivých MDČOV bylo zjištěno, že dochází pouze minimálně k přeměně amoniakálního dusíku na dusitany a dusičnany. Koncentrace dusičnanového dusíku je tudíž na výtoku z MDČOV velmi nízká. K nitrifikaci

amoniakálního dusíku dochází pouze minimálně. Nejspíš bude jedním z důvodů špatné provzdušňování, také může mít vliv používání desinfekčních prostředků v domácnosti, které hubí nitrifikační a jiné bakterie. Vliv teploty se neprojevil, protože teplota nutná pro průběh nitrifikace byla dostačující i v zimním období (do 12 °C).

Odstraňování fosforu bylo také různorodé. Největší účinnosti čištění dosáhla MDČOV EKOL a to 89,4 %. Tato hodnota mohla být docílena díky používání ekologických čisticích prostředků v domácnosti. Nejhuře na tom byla čistírna AKVAstar (57,4 %). Možným důvodem je, že u čistíren této značky (Akvatik VH6) není fosfor odstraňován dostatečně. Jednalo by se o technologický problém.

Díky získaným hodnotám účinností lze prokazatelně určit, že MDČOV AKVANOV dosahuje nejvyšších účinností čištění pro jednotlivé ukazatele znečištění. Jedná se o poměrně novou technologii s certifikátem CE. MDČOV EKOL je na tom o něco huře, ale pořád splňuje účinnost čištění pro ukazatele znečištění dle nařízení vlády 23/2011 Sb. Nejspíš je to způsobeno využíváním ekologických čisticích prostředků a velkým objemem nádrže samotné MDČOV. Nejhuře dopadla MDČOV AKVAstar, která má malý objem nádrže a nedochází u ní k pravidelné údržbě.

Dalším cílem práce bylo zhodnotit, zdali dochází ke znečišťování Prlovského potoka. Byly posouzeny imisní parametry znečištění (NEK-RP) dle nařízení vlády 23/2011 Sb., a byla zhodnocena jakost samotného toku ( $c_{90}$ ).

Na lokalitě 2 byl překročen imisní limit (NEK-RP) pro ukazatele  $CHSK_{Cr}$ ,  $BSK_5$ , celkový fosfor a amoniakální dusík. Limitní hodnota  $CHSK_{Cr}$  byla překročena u odběrového místa 2 hodnotou 10,43 mg/l. Odběrové místo 1 bylo zcela v normě environmentální kvality. Horní část toku (odběrové místo 1) byla zařazena do jakostní třídy II. V dolní části toku došlo ke změně třídy jakosti. Hodnota  $c_{90}$  byla v úseku toku 2 rovna 68,4 mg/l, což tok zařadilo do V. třídy jakosti vod „velmi silně znečištěná voda“. Vysoké koncentrace  $CHSK_{Cr}$  naznačují, že nedocházelo k dostatečnému naředění znečišťujících látek v toku. Prvním ukazatelem hodnocení znečištění toku se stala  $CHSK_{Cr}$ .

Dalším zkoumaným ukazatelem se stala hodnota  $BSK_5$ . Limitní hodnota NEK-RP byla překročena u odběrového místa 2 hodnotou 10,43 mg/l. U odběrového místa 1 docházelo pouze k mírnému překročení tohoto limitu hodnotou 4,1 mg/l. Horní část toku (odběrové místo 1) náleželo do jakostní třídy IV. Ukazatel  $c_{90}$  dosáhl hodnoty 23,4 mg/l a

zařadil odběrové místo 2 do V. třídy jakosti vod „velmi silně znečištěná voda“. Toto znečištění mohlo být zejména způsobeno bodovými zdroji znečištění (MDČOV a septiky) a také částečně zemědělstvím.

Dále byl zhodnocen vliv obsahu celkového fosforu na toku. Průměrná hodnota NEK- RP obsahu celkového fosforu byla u odběrového místa 2 rovna 8,02 mg/l. U odběrového místa 1 byl tento ukazatel mírně překročen hodnotou 0,11 mg/l. Nejnižší položené odběrové místo 2 bylo zařazeno do V. třídy jakosti vod na základě ukazatele  $c_{90}$  (4,2 mg/l). Došlo ke změně jakostní třídy, protože odběrové místo 1 bylo raženo v kategorii II. Mohlo to být způsobeno vypouštěním nedostatečně vyčištěných odpadních vod a také aplikací fosforečnanových hnojiv v rámci zemědělské činnosti.

Ve velké míře také dochází k znečištění amoniakálním dusíkem. Ve spodní části toku byl překročen limit amoniakálního dusíku NEK-RP hodnotou 5,14 mg/l. V horní části toku byla norma environmentální kvality mírně překročena hodnotou 1,36 mg/l. Limit  $c_{90}$  pro odběrové místo 2 byl roven 7,36 mg/l a tato část toku byla zařazena do kategorie V „velmi silně znečištěná voda“. Došlo ke změně jakostní třídy v rámci toku. Horní část toku (odběrové místo 1) bylo zařazeno do třídy III. Vysoké koncentrace amoniakálního dusíku na výtok z MDČOV naznačují, že k mikrobiálnímu rozkladu dochází až v rámci toku. Tudíž ve spodní zregulované části toku je jeho koncentrace vysoká. Antropogenní zátěž mohla být způsobena septiky, zemědělskou činností, zvláště chovem dobytka a také bodovým znečištěním z MDČOV. Což bylo zdokumentováno studničním rozbořem. Při orientačním odběru vzorku studniční vody u jednoho z respondentů byl zjištěn obsah amoniakálního dusíku nad 1,3 mg/l. Tato voda byla plně využívána v domácnosti.

Hodnota dusičnanového dusíku NEK-RP byla u odběrového místa 2 rovna 1,52 mg/l a nebyl tím pádem překročen limit dusičnanového dusíku v toku. Hodnota  $c_{90}$  byla rovna 1,63 mg/l, což tok zařazuje do kategorie jakosti toku I „neznečištěná voda“. Další ukazatele (pH,  $RL_{105}$ ,  $NL_{105}$  a celkové látky) byly zcela v normě environmentální kvality.

Dolní část toku vykazuje deficit rozpuštěného kyslíku. Limitní koncentrace rozpuštěného kyslíku  $c_{90}$  je v této části toku rovna 3,7 mg/l, což tok zařazuje do IV. třídy jakosti toku „znečištěná voda“. Horní část toku byla zařazena do kategorie III, čímž došlo ke změně jakostní třídy v průběhu toku. Důsledkem jsou nedostatečné samočisticí procesy

toku a může zde docházet k eutrofizaci. V letních měsících nastává v této části toku k enormnímu nárůstu řas. [32] [35]

Další problematiku představují vysoké hodnoty konduktivity ve spodní části toku. Hodnota  $c_{90}$  byla rovna 621 mS/m. V horní části toku byla hodnota konduktivity rovna 150 mS/m. Dolní část toku byla zařazena do V. třídy jakosti povrchových vod „velmi silně znečištěná voda“. Došlo ke změně jakostní třídy v rámci toku. Dolní část toku byla zařazena do jakostní třídy IV. S velkou pravděpodobností to mohlo být způsobeno narůstajícím bodovým znečištěním (MDČOV a septiky), protože v horní části toku byla konduktivita rovna 150 mS/m.

Legislativní předpisy v tomto případě nejsou schopny zabránit vypouštění nedostatečně vyčištěných odpadních vod. Analýza vzorků odpadní vody poukázala na nízkou účinnost odstraňování znečištění ve formě dusíku a fosforu u certifikovaných MDČOV Akvatik VH 6. Může to být způsobeno tím, že v čistírenském procesu není zařazena záchytná jímka. Naopak necertifikovaná aktivační čistírna EKOL lépe odbourává toto znečištění. Přitom čistírna EKOL musí splňovat přísnější legislativní požadavky (odevzdávání vzorků vyčištěné odpadní vody ke kontrole do vodohospodářské laboratoře a podobně).

Po dokončení vyhodnocení analýzy vzorků vyčištěné a splaškové odpadní vody byly majitelé MDČOV opět kontaktováni. Byly jim sděleny výsledky měření hydrochemických parametrů vzorků odpadní vody. Byly jim navrženy způsoby zlepšení účinnosti jejich čistíren. Jednalo se například o pravidelnou údržbu a používání ekologických čisticích prostředků.[1]

## POUŽITÁ LITERATURA:

1. PETRŮJOVÁ, Bohumila. *Monitoring malých domovních čistíren odpadních vod na Valašsku*. Ostrava, 2013. Bakalářská práce. Vysoká škola Báňská- Technická univerzita Ostrava. Vedoucí práce Mgr. Iva Melčáková, Ph.D.
2. WANNER, Jiří a Petr HLAVÍNEK. *Moderní trendy v čištění odpadních vod: Brno, 2.-4. duben 1997*. Brno: NOEL 2000, 1997, iii, 156 s. ISBN 80-86020-07-x.
3. SOJKA, Jan. *Čistírny odpadních vod pro rodinné domy*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, a.s., 2013. ISBN 978-80-247-4504-6.
4. MARTIN, James Lenial. *Hydro-environmental analysis: freshwater environments*. xix, 546 pages. ISBN 9781482206074-.
5. GABER, A., M. ANTIL, W. KIMBALL a R.A. WAHAB. Planning replicable small flow wastewater treatment facilities in developing nations. *Water science and technology - Desing and operations of small wastewatwr treatment plants: Water supply*. New York: IWA Publishing, 1993, Vol. 28, No. 10.
6. CAMBERS, B., J. WHITAKER a A.F. ELVINGE. Low cost packaget sewage treatment plant for production of high quality effuent at small works. *Water Science and Technology- Sewage into 2000- Developements and upgrading in sewerage and wastewater treatment*. 1993, Vol.27, No. 5-6.
7. SLAVÍČKOVÁ, Kateřina a Marek SLAVÍČEK. *Vodní hospodářství obcí 1: úprava a čištění vody*. 2., přeprac. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2013, 199 s. ISBN 978-80-01-05390-4.
8. KUČEROVÁ, Radmila, Peter FEČKO a Barbora LYČKOVÁ. *Úprava a čištění vody*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2011, 108 s. ISBN 978-80-248-2389-8
9. MALÝ, Josef. *Chemie a technologie vody*. 2., dopl. vyd. Brno: Ardec, 2006, xii, 331 s. ISBN 80-860-2050-9.
10. SOJKA, Jan. *Malé čistírny odpadních vod*. 1.vyd. Brno: ERA, 2001, 98 s. ISBN 80-865-1711-X.

11. HERLE, Jaromír. *Čištění odpadních vod z malých zdrojů znečištění*. 1. vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1990, 207 s. ISBN 80-030-0587-6.
12. CHUDOBA, Jan a Michal DOHÁNYOS. *Biologické čištění odpadních vod*. Vyd. 1. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1991, 465 s. Ochrana životního prostředí. ISBN 80-030-0611-2.
13. DOHÁNYOS, Michal, Jan KOLLER a Nina STRNADOVÁ. *Čištění odpadních vod*. 2. vyd. Praha: VŠCHT, 2007, iv, 177 s. ISBN 978-80-7080-619-7.
14. JENÍČEK, Pavel: Produkce bioplynu z průmyslových odpadních vod. *Biom.cz* [online]. 2005-09-05 [cit. 2015-02-23]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/produkce-bioplynu-z-prumyslovych-odpadnich-vod>>. ISSN: 1801-2655.
15. Domovní ČOV přehledně. Technika a paragrafy pro projektanty. Dostupné z WWW: <<http://voda.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-voda-kanalizace/7863-domovni-cov-prehledne-technika-a-paragrafy-pro-projektanty>>. In: [online]. [cit. 2014-10-03].
16. Současné trendy v odvádění a čištění odpadních vod v souladu s platnou legislativou: sborník semináře konaného při příležitosti 11. mezinárodní výstavy ECO-CITY 2005, Praha 11. března 2005. Editor Marek Slaviček, Bohumil Šťastný. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Katedra zdravotního inženýrství, 2005, 49 l. ISBN 80-010-3219-1.
17. SEDLAK, Richard. Phosphorus and Nitrogen Removal From Municipal Wastewater, Principles and Practis. Second Edition: The Soap and Detergent Association, New York, 2012, 229 p. ISBN 0-87371-683-3.
18. ALBUQUERQUE, A., J., MAKINIA and K., PAGILLA. Impact of aeration conditions on the removal of low concentrations of nitrogen in a tertiary partially aerated biological filter. *Ecological Engineering*, 2012, vol. 44, pp. 44-52.



## SEZNAM LEGISLATIVNÍCH PŘEDPISY:

19. *Vodní zákon č. 254/2001 sb. ve znění pozdějších předpisů*
20. *Nářízení vlády č. 416/2010 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění odpadních vod a náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních.*
21. *Nářízení vlády č. 23/2011 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech ve znění pozdějších předpisů, kterým se mění některá nařízení vlády 61/2003 Sb.*
22. *Zákon č. 274/2001 sb. o vodovodech a kanalizacích ve znění pozdějších předpisů*
23. *336/2011 Sb., kterou se mění vyhláška č. 432/2001 Sb., o dokladech žádosti o rozhodnutí nebo vyjádření a o náležitostech povolení, souhlasů a vyjádření vodoprávního úřadu, ve znění pozdějších předpisů*
24. *ČSN EN 12566-3+A2 Malé čistírny odpadních vod do 50 ekvivalentních obyvatel - Část 3: Balené a/nebo na místě montované domovní čistírny odpadních vod ve znění pozdějších předpisů.*
25. *Nářízení Vlády č. 190/2002 Sb. kterým se stanoví technické požadavky na stavební výrobky označované CE se změnami: 251/2003 Sb., 128/2004 Sb. ve znění pozdějších předpisů.*

## SEZNAM INTERNETOVÝCH ZDROJŮ:

26. Povodí Moravy. MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ ČESKÉ REPUBLIKY. Povodí Moravy, s. p. [online]. 2013 [cit. 2013-02-12]. Dostupné z WWW: <<http://www.pmo.cz/>>.
27. Čističky odpadních vod VH 6 až VH 200. *Akvatik čističky odpadních vod* [online]. 2008 [cit. 2013-02-18]. Dostupné z: [http WWW: <http://www.akvatik.cz/cov-do-200-obyvatel.html>](http://www.akvatik.cz/cov-do-200-obyvatel.html).
28. ČISTÍRNÝ ODPADNÍCH VOD (ČOV). *Janečka & Vlk* [online]. 2006 [cit. 2013-02-18]. Dostupné z WWW: <<http://www.janeckavlk.cz/cov/index.php>>.
29. Separa. *Pro rodinné domy* [online]. 2010 [cit. 2015]. Dostupné z WWW: <<http://www.separa.cz/produkty/cistirny-odpadnich-vod/pro-rodinne-domy/>>.
30. PP Prlov [online]. 2012 [cit. 2015]. Dostupné z WWW: <<http://nature.hyperlink.cz/vsetinsko/Prlov.htm>>.
31. PLOTĚNÝ, Karel. Tzb- info. [online]. 2005 [cit. 2015]. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/2876-podminky-ovlivnujici-funkcnost-a-bezproblemovy-provoz-biologickych-cov>>.
32. LANGHAMMER, Jakub. *Kvalita povrchových vod a jejich ochrana* [online]. Praha, 2009 [cit. 2015-03-17]. Dostupné z WWW: <[http://web.natur.cuni.cz/~langhamr/lectures/wq/skripta/skriptaWQ\\_2009\\_web.pdf](http://web.natur.cuni.cz/~langhamr/lectures/wq/skripta/skriptaWQ_2009_web.pdf)>.
33. *VHtech: Malá čistička odpadových vod VH (ČOV malá)* [online]. 2004 [cit. 2015]. Dostupné z WWW: <<http://www.vhtech.sk/mala-cisticka-odpadovych-vod-vh/>>.
34. Celkový fosfor. *Ministerstvo životního prostředí České republiky: Integrovaný registr znečišťování* [online]. 2009 [cit. 2015]. Dostupné z WWW: <<http://www.irz.cz/node/25>>.
35. Monitorování vod. DIVIŠ, Marián. *SPŠ Karviná* [online]. 2005 [cit. 2015]. Dostupné z WWW: <[http://www.spskarvina.cz/web/uploady/File/chemie/Monitoring\\_vod.pdf](http://www.spskarvina.cz/web/uploady/File/chemie/Monitoring_vod.pdf)>.

## SEZNAM OBRÁZKŮ:

- Obr. 1 MDČOV Ekol 4 [29]
- Obr. 2 MDČOV Akvatik VH 6 [32]
- Obr. 3 MDČOV na území obce Prlov značeny červeně 1:12000 [www.ikatastr.cz]
- Obr. 4 Regulace Prlovského potoka [Bohumila Petrůjová]
- Obr. 5 Vybrané MDČOV značeny červeně 1:12000 [www.ikatastr.cz]
- Obr. 6 MDČOV AKVAnov [Bohumila Petrůjová]
- Obr. 7 MDČOV EKOL [Bohumila Petrůjová]
- Obr. 8 MDČOV AKVAstar [Bohumila Petrůjová]
- Obr. 9 Odběrové místo vzorku vyAKVATIKnov [Bohumila Petrůjová]
- Obr. 10 Odběrové místo vzorku vyEKOL [Bohumila Petrůjová]
- Obr. 11 Odběrové místo vzorku vyAKVATIKstar [Bohumila Petrůjová]
- Obr. 12 Odběrové místo kontrolního vzorku 1 [Bohumila Petrůjová]
- Obr. 13 Odběrové místo imisního vzorku vody 2 [Bohumila Petrůjová]
- Obr. 14 Stanovení  $CHSK_{Cr}$ - thernoreaktor firmy Merk TR 300 [Bc. Lukáš Klimša]
- Obr. 15 Vzorky v titračních baňkách při stanovení  $BSK_5$  při konečné titraci [Bohumila Petrůjová]
- Obr. 16 Stanovení celkového fosforu [Bc. Lukáš Klimša]
- Obr. 17 Stanovení dusitanového dusíku [Bc. Lukáš Klimša]
- Obr. 18 Stanovení  $NL_{105}$  a  $RL_{105}$  - sušení [Bc. Lukáš Klimša]
- Obr. 19 Hodnocení teploty na vtoku do MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014
- Obr. 20 Hodnocení teploty na výtoku z MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014
- Obr. 21 Hodnocení teploty na vtoku do MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014

- Obr. 22      Hodnocení teploty na výtoku z MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014
- Obr. 23      Hodnocení konduktivity na vtoku do MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014
- Obr. 24      Hodnocení konduktivity na výtoku z MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014
- Obr. 25      Statistická závislost konduktivity na teplotě na výtoku z MDČOV AKVAstar v průběhu období září 2013- září 2014
- Obr. 26      Hodnocení obsahu rozpuštěného kyslíku na vtoku do MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014
- Obr. 27      Hodnocení obsahu rozpuštěného kyslíku na výtoku z MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014
- Obr. 28      Statistická závislost  $O_2$  na teplotě na výtoku z MDČOV AKVAnov v průběhu období září 2013- září 2014
- Obr. 29      Hodnocení chemické spotřeby kyslíku na vtoku do MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014
- Obr. 30      Hodnocení chemické spotřeby kyslíku na výtoku z MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014
- Obr. 31      Účinnosti čištění  $CHSK_{Cr}$  v průběhu období září 2013- září 2014
- Obr. 32      Hodnocení biochemické spotřeby kyslíku na vtoku do MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014
- Obr. 33      Hodnocení biochemické spotřeby kyslíku na výtoku z MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014
- Obr. 34      Statistická závislost  $BSK_5$  na teplotě na výtoku z MDČOV AKVAnov v průběhu období září 2013- září 2014
- Obr. 35      Účinnosti čištění  $BSK_5$  v průběhu období září 2013- září 2014
- Obr. 36      Hodnocení celkového fosforu na vtoku do MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014

- Obr. 37      Hodnocení celkového fosforu na výtoku z MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014
- Obr. 38      Účinnosti čištění  $P_{\text{celk}}$  v průběhu období září 2013- září 2014
- Obr. 39      Hodnocení amoniakálního dusíku na výtoku z MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014
- Obr. 40      Hodnocení amoniakálního dusíku na výtoku z MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014
- Obr. 41      Statistická závislost  $N-NH_4^+$  na teplotě na výtoku z MDČOV AKVAnov v průběhu období září 2013- září 2014
- Obr. 42      Statistická závislost  $N-NH_4^+$  na pH na výtoku z MDČOV AKVAnov v průběhu období září 2013- září 2014
- Obr. 43      Účinnosti čištění  $N-NH_4^+$  v průběhu období září 2013- září 2014
- Obr. 44      Hodnocení dusitanového dusíku na vtoku do MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014
- Obr. 45      Hodnocení dusitanového dusíku na výtoku z MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014
- Obr. 46      Statistická závislost dusitanového dusíku na teplotě na výtoku z MDČOV AKVAnov v průběhu období září 2013- září 2014
- Obr. 47      Účinnosti čištění  $N-NH_2$  v průběhu období září 2013- září 2014
- Obr. 48      Hodnocení dusičnanového dusíku na vtoku do MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014
- Obr. 49      Hodnocení dusičnanového dusíku na výtoku z MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014
- Obr. 50      Účinnosti čištění  $N-NH_3^-$  v průběhu období září 2013- září 2014
- Obr. 51      Hodnocení celkových látek na vtoku do MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014
- Obr. 52      Hodnocení celkových látek na výtoku z MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014
- Obr. 53      Účinnosti čištění celkových látek v průběhu období září 2013- září 2014

- Obr. 54      Hodnocení nerozpuštěných látek na vtoku do MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014
- Obr. 55      Hodnocení nerozpuštěných látek na výtoku z MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014
- Obr. 56      Účinnosti čištění NEL v průběhu období září 2013- září 2014
- Obr. 57      Hodnocení rozpuštěných látek na vtoku do MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014
- Obr. 58      Hodnocení rozpuštěných látek na výtoku z MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014
- Obr. 59      Účinnosti čištění RL v průběhu období září 2013- září 2014
- Obr. 60      Hodnocení poměru BSK:CHSK na vtoku do MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014
- Obr. 61      Hodnocení poměru BSK:CHSK na výtoku z MDČOV v průběhu období září 2013- září 2014

## SEZNAM TABULEK:

- Tabulka 1: Dosažitelné hodnoty koncentrací pro jednotlivé ukazatele znečištění při použití nejlepší dostupné technologie.
- Tabulka 2: Minimální přípustná účinnost čištění odpadních vod v %.
- Tabulka 3. Imisní hodnoty uvedené v nařízení vlády 23/2011 Sb.
- Tabulka 4. Mezní hodnoty tříd jakosti vod dle ČSN 75 7221
- Tabulka 5. Hodnocení závislosti BSK: CHSK dle průměrných koncentrací znečištění „p“
- Tabulka 6. Statistika k imisním hodnotám kontrolního vzorku č. 1
- Tabulka 7. Statistika k imisním hodnotám vzorku č. 2

## SEZNAM PŘÍLOH

- 1 Certifikát CE výrobku
- 2 Výsledky terénního a laboratorního měření v září 2013
- 3 Výsledky terénního a laboratorního měření v říjnu 2013
- 4 Výsledky terénního a laboratorního měření v listopadu 2013
- 5 Výsledky terénního a laboratorního měření v prosinci 2013
- 6 Výsledky terénního a laboratorního měření v lednu 2014
- 7 Výsledky terénního a laboratorního měření v únoru 2014
- 8 Výsledky terénního a laboratorního měření v březnu 2014
- 9 Výsledky terénního a laboratorního měření v dubnu 2014
- 10 Výsledky terénního a laboratorního měření v květnu 2014
- 11 Výsledky terénního a laboratorního měření v červnu 2014
- 12 Výsledky terénního a laboratorního měření v červenci 2014
- 13 Výsledky terénního a laboratorního měření v srpnu 2014
- 14 Výsledky terénního a laboratorního měření v září 2014



# PŘÍLOHY

## Příloha 1: Certifikát CE [Bohumila Petrůjová]

<b>CE</b>	
Název a adresa společnosti <b>Identifikační číslo</b>	
<b>EN 12566-3</b> Balená domovní čistírna odpadních vod pro čištění splaškových (domovních odpadních vod)  - Referenční kód (číslo) výrobku: <b>XX</b> - Materiál: <b>XX</b>	
<b>Účinnost čištění:</b>	
Stupeň výkonnosti (účinnosti) čištění při zkoušce zjištěném organickém denním zatížení BSK <sub>5</sub> = XX kg/den	<b>BSK:</b> XX % nebo mg/l <b>CHSK:</b> XX % nebo mg/l <b>NL:</b> XX % nebo mg/l <b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>:</b> XX % nebo mg/l <b>P<sub>celk</sub>:</b> XX % nebo mg/l
Vodotěsnost (zkouška vodou)	<b>Vyhověla normě</b>
Pevnost v tlaku (zkouška ve zkušební nádrži)	<b>Vyhověla normě</b>
Trvanlivost	<b>Vyhověla normě</b>

## Příloha 2: Výsledky terénního a laboratorního měření v září 2013

2013 září	vtAKVAnov	vyAKVAnov	vtEKOL	vyEKOL	vtAKVAstar	vyAKVAstar
pH	7,742	8,24	7,71	8,36	8,12	7,57
konduktivita [ $\mu$ S]	1241	948	1379	394	1146	967
rozp. Kyslík [mg/l]	0,5	11,2	2,8	13,7	2,6	11,7
teplota [ $^{\circ}$ C]	18,2	15,1	17,3	16,4	17,9	17,7
Fosfor [mg/l]	23,4	9,14	19,3	3,4	31,2	8,6
Amoniakální dusík [mg/l]	21,3	3,8	46,1	18,3	63,8	14,7
Dusitanový dusík [mg/l]	0,8	0,03	0,5	0,4	0,7	0,3
Dusičnanový dusík [mg/l]	5,7	0,4	1,6	0,8	1,7	0,3
Chsk <sub>Cr</sub> [mg/l]	2463,2	14,7	843,5	8,34	149,12	61,2
pH	7,6	7,72	8,32	8,06	8,74	8,32
NL [mg/l]	36	1,7	17,3	0,12	45,8	18,9
RL [mg/l]	11,2	7,3	5,6	2,1	7,2	2,4
Celkové látky [mg/l]	47,2	9	22,9	2,22	53	21,3
Bsk <sub>5</sub> [mg/l]	163,7	5,14	385,7	0,86	57,3	21,7

## Příloha 3: Výsledky terénního a laboratorního měření v říjnu 2013

Říjen	vtAKVAnov	vyAKVAnov	vtEKOL	vyEKOL	vtAKVAstar	vyAKVAstar
pH	8,2	8,1	7,4	8,2	7,96	7,97
konduktivita [ $\mu$ S]	1219	416	1315	1251	959	949
rozp. Kyslík [mg/l]	2,31	4,08	0,39	3,36	0,4	2,8
teplota [ $^{\circ}$ C]	12,9	13,7	12,8	12,1	16,7	15,2
Fosfor [mg/l]	29,5	14,11	25,76	2,45	7,97	4,28
Amoniakální dusík [mg/l]	13,387	0,842	15,996	13,74	16,074	13,04
Dusitanový dusík [mg/l]	0,2	0,04	1	1	0,4	0,3
Dusičnanový dusík [mg/l]	0,48	0,412	0,16	0,09	1,023	0,294
Chsk <sub>Cr</sub> [mg/l]	1822	2,5	136,9	39,56	4075,5	221,9
pH	7,72	7,2	8,217	7,937	7,5	7,63
NL [mg/l]	1,5	3,24	361	60	701,6	60
RL [mg/l]	144,4	285,87	702	674	3610	974
Celkové látky [mg/l]	145,9	289,11	1063	734	4311,6	1034
Bsk <sub>5</sub> [mg/l]	278,24	3,478	113,35	2,97	139,5	6,8

## Příloha 4: Výsledky terénního a laboratorního měření v listopadu 2013

Listopad	vtAKVAnov	vyAKVAnov	vtEKOL	vyEKOL	vtAKVAstar	vyAKVAstar
pH	8,48	8,47	7,55	8,265	7,96	8,13
konduktivita [ $\mu$ S]	1109	405	1376	392	659	659
rozp. Kyslík [mg/l]	2,45	5,02	0,92	4,76	4,29	4,39
teplota [ $^{\circ}$ C]	14,8	13,07	15,2	15,5	14,4	12,8
Fosfor [mg/l]	15,95	2,055	18,4	2,36	7,36	6,75
Amoniakální dusík [mg/l]	12,2687	0,7299	22,3632	1,2	3,7272	3,36
Dusitanový dusík [mg/l]	0,3	0,06	0,27	0,06	0,8	1
Dusičnanový dusík [mg/l]	0,41	0,361	0,3206	0,41	0,97	0,858
Chsk <sub>Cr</sub> [mg/l]	1724,9	2,41	271,87	1,9	70,03	39,9
pH	7,74	7,3	7,37	8,265	7,55	7,6
NL [mg/l]	1,24	3,96	9,08	0,16	0,6	0,8
RL [mg/l]	146,4	287,98	21,08	3,5	112,44	3,92
Celkové látky [mg/l]	147,64	291,94	30,16	3,66	113,04	4,72
Bsk <sub>5</sub> [mg/l]	274,61	3,7432	38,65	8,724	15	22,966

## Příloha 5: Výsledky terénního a laboratorního měření v prosinci 2013

Prosinec	vtAKVAnov	vyAKVAnov	vtEKOL	vyEKOL	vtAKVAstar	vyAKVAstar
pH	7,84	7,42	7,32	7,39	7,64	7,65
konduktivita [ $\mu$ S]	1202	376	1277	344	1338	1212
rozp. Kyslík [mg/l]	3,92	6,58	1,43	6,6	1,06	2,24
teplota [°C]	12	5,5	12,5	6,2	12,1	8,1
Fosfor [mg/l]	19,63	1,99	15,95	1,66	19,63	7,18
Amoniakální dusík [mg/l]	3,106	1,16	24,07	1,79	23,761	20,966
Dusitanový dusík [mg/l]	0,15	0,06	0,29	0,07	0,07	0,04
Dusičnanový dusík [mg/l]	0,32	1,13	0,41	1,06	0,32	0,249
Chsk <sub>Cr</sub> [mg/l]	464,45	12,99	456,34	35,3	474,1	394,45
pH	7,84	7,42	7,32	7,39	7,64	7,65
NL [mg/l]	26,6	34,8	16	0,82	5	21,4
RL [mg/l]	626	298	642	302	474	692
Celkové látky [mg/l]	652,6	332,8	658	302,82	479	713,4
Bsk <sub>5</sub> [mg/l]	9,4716	0,889	36,89	0,23	0,767	7,4696

## Příloha 6: Výsledky terénního a laboratorního měření v lednu 2014

Leden	vtAKVAnov	vyAKVAnov	vtEKOL	vyEKOL	vtAKVAstar	vyAKVAstar
pH	7,97	8,487	7,512	8,479	7,705	7,778
konduktivita [ $\mu$ S]	1169	429	1410	487	1101	1043
rozp. Kyslík [mg/l]	2,4	6,2	2,6	6,3	2	1
teplota [°C]	13,2	7,6	12,1	16,3	14,7	12,6
Fosfor [mg/l]	19,63	0,846	20,86	1,32	16,56	7,36
Amoniakální dusík [mg/l]	3,96	0,6885	10,72	0,598	5,59	5,13
Dusitanový dusík [mg/l]	0,19	0,04	0,29	0,02	0,04	0,18
Dusičnanový dusík [mg/l]	0,18	0,7	0,181	0,655	0,14	0,2
Chsk <sub>Cr</sub> [mg/l]	520,13	4,8	291,87	4,73	2420	165,33
pH	7,74	7,23	7,223	7,385	7,85	7,61
NL [mg/l]	226	34	38	32	918	36
RL [mg/l]	1088	418	752	396	1684	6212
Celkové látky [mg/l]	1314	452	790	428	2602	6248
Bsk <sub>5</sub> [mg/l]	20,284	0,422	17,379	0,4536	97,144	6,67

## Příloha 7: Výsledky terénního a laboratorního měření v únoru 2014

Únor	vtAKVAnov	vyAKVAnov	vtEKOL	vyEKOL	vtAKVAstar	vyAKVAstar
pH	7,677	8,2	7,54	7,34	7,735	7,709
konduktivita [ $\mu$ S]	1142	332	1291	196	1430	1366
rozp. Kyslík [mg/l]	4,54	9,47	1,77	9,75	2,4	6,28
teplota [°C]	12,1	4,8	12	6,7	12,2	10,9
Fosfor [mg/l]	18,4	1,411	22,085	1,012	28,22	4,294
Amoniakální dusík [mg/l]	55,13	0,6134	51,249	1,149	60,18	54,74
Dusitanový dusík [mg/l]	0,12	0,02	0,21	0,04	0,04	0,21
Dusičnanový dusík [mg/l]	0,316	1,08	0,316	0,77	0,474	0,316
Chsk <sub>Cr</sub> [mg/l]	249,81	4,82	297,39	1,4	5840	199
pH	7,72	7,6	7,346	7,48	7,63	7,71
NL [mg/l]	2	0,4	0,4	5,6	377	6,8
RL [mg/l]	1278	14,8	71	15,8	62	67,2
Celkové látky [mg/l]	1280	15,2	71,4	21,4	439	74
Bsk <sub>5</sub> [mg/l]	10,69	0,54	14,524	0,273	8,76	1,3



## Příloha 8: Výsledky terénního a laboratorního měření v březnu 2014

Březen	vtAKVAnov	vyAKVAnov	vtEKOL	vyEKOL	vtAKVAstar	vyAKVAstar
pH	7,81	8,32	7,911	8,19	7,426	7,839
konduktivita [ $\mu$ S]	1180	452	1028	473	1487	1034
rozp. Kyslík [mg/l]	0,15	9,4	0,24	8,42	0,04	7,04
teplota [ $^{\circ}$ C]	12,2	6,1	12,1	6,1	12,3	8,3
Fosfor [mg/l]	17,48	0,828	14,72	4,91	28,22	26,99
Amoniakální dusík [mg/l]	48,92	1,03	102	11,16	14,35	10,86
Dusitanový dusík [mg/l]	0,05	0,07	0,22	0,09	0,2	0,08
Dusičnanový dusík [mg/l]	0,25	0,54	0,32	0,66	8,13	3,52
Chsk <sub>Cr</sub> [mg/l]	596	10,55	208,59	33,76	10160	82,23
pH	7,64	8,07	7,38	7,96	7,42	7,75
NL [mg/l]	10,56	0,3	0,5	0,03	15,57	1,7
RL [mg/l]	172	76,5	200,5	79,5	56,9	17,9
Celkové látky [mg/l]	182,56	76,8	201	79,53	72,47	19,6
Bsk <sub>5</sub> [mg/l]	256,5	6,8	78,2	10,2	54,9	4,7

## Příloha 9: Výsledky terénního a laboratorního měření v dubnu 2014

Duben	vtAKVAnov	vyAKVAnov	vtEKOL	vyEKOL	vtAKVAstar	vyAKVAstar
pH	7,92	8,134	7,642	8,42	7,792	8,03
konduktivita [ $\mu$ S]	1281	750	1510	509	1076	1025
rozp. Kyslík [mg/l]	0,751	7,62	1,14	0,786	1,13	3,78
teplota [ $^{\circ}$ C]	15,3	11,3	13,9	10,6	14,6	12,2
Fosfor [mg/l]	52,76	9,82	76,1	2,15	63,8	20,77
Amoniakální dusík [mg/l]	78,3	24,46	92,4	1,47	19,71	12,81
Dusitanový dusík [mg/l]	0,21	0,28	0,24	0,06	0,01	0,03
Dusičnanový dusík [mg/l]	1,3	2,2	1,3	2	1	3,9
Chsk <sub>Cr</sub> [mg/l]	5236	54,89	330,32	9,09	6290,9	56,89
pH	8,15	8,17	7,93	8,26	7,85	7,88
NL [mg/l]	21,7	11,75	21,45	8,5	17,8	16,65
RL [mg/l]	73,1	0,95	4,15	0,1	13,39	3,2
Celkové látky [mg/l]	94,8	12,7	25,6	8,6	31,19	19,85
Bsk <sub>5</sub> [mg/l]	84,2	8,41	142,7	3,25	178,2	28,6

## Příloha 10: Výsledky terénního a laboratorního měření v květnu 2014

Květen	vtAKVAnov	vyAKVAnov	vtEKOL	vyEKOL	vtAKVAstar	vyAKVAstar
pH	7,984	8,123	7,561	8,28	8,08	8,092
konduktivita [ $\mu$ S]	1304	574	1670	446	1112	999
rozp. Kyslík [mg/l]	1,3	8,01	2,51	9,5	0,51	3,5
teplota [ $^{\circ}$ C]	15,4	11,9	14	12,1	16,4	15,6
Fosfor [mg/l]	29,6	10,2	34	1,3	25,6	7,4
Amoniakální dusík [mg/l]	87,5	16,5	127,5	1,4	15,5	2
Dusitanový dusík [mg/l]	0,15	0,13	0,22	0,05	0,1	0,45
Dusičnanový dusík [mg/l]	2,3	0,45	0,18	0,54	6	14,2
Chsk <sub>Cr</sub> [mg/l]	131	46,5	356,35	28,2	67,6	15,86
pH	7,83	7,82	7,7	8,13	7,85	7,83
NL [mg/l]	21,5	10,5	25	8,9	15,75	3,15
RL [mg/l]	110	41,5	24	8	129,05	51
Celkové látky [mg/l]	131,5	52	49	16,9	144,8	54,15
Bsk <sub>5</sub> [mg/l]	35,2	8,6	79,8	5,3	27,2	2,6

Příloha 11: Výsledky terénního a laboratorního měření v červnu 2014

Červen	vtAKVAnov	vyAKVAnov	vtEKOL	vyEKOL	vtAKVAstar	vyAKVAstar
pH	8,05	8,35	7,54	8,11	7,82	8,25
konduktivita [ $\mu$ S]	1670	552	1715	553	1050	780
rozp. Kyslík [mg/l]	2,4	11,5	1,2	10,8	1,5	10,4
teplota [ $^{\circ}$ C]	23	19,1	21,6	19,6	21,5	20,8
Fosfor [mg/l]	29,6	1	24,5	1,4	17	9,6
Amoniakální dusík [mg/l]	98,5	60	125,5	5	11	5
Dusitanový dusík [mg/l]	0,12	0,02	0,26	0,05	0,37	0,01
Dusičnanový dusík [mg/l]	1	1,7	0,9	1,5	2,8	14
Chsk <sub>Cr</sub> [mg/l]	465,31	21,47	361,18	0,99	4863,2	137,58
pH	8,01	8,17	7,57	8,36	7,21	7,95
NL [mg/l]	16,2	9,7	22,2	30,96	1,83	1,65
RL [mg/l]	28	8,4	3,5	13	92,05	50,5
Celkové látky [mg/l]	44,2	18,1	25,7	43,96	93,88	52,15
Bsk <sub>5</sub> [mg/l]	183,6	9,22	123,6	0,4	526,8	75,3

Příloha 12: Výsledky terénního a laboratorního měření v červenci 2014

Červenec	vtAKVAnov	vyAKVAnov	vtEKOL	vyEKOL	vtAKVAstar	vyAKVAstar
pH	7,832	8,266	7,537	8,246	7,822	7,972
konduktivita [ $\mu$ S]	1180	467	1649	506	1240	1231
rozp. Kyslík [mg/l]	0,4	5,04	0,16	4,93	0,05	1,17
teplota [ $^{\circ}$ C]	21,2	19,5	20,8	19	20,5	21
Fosfor [mg/l]	23,2	9,4	47,5	1,3	82,5	9,6
Amoniakální dusík [mg/l]	61,5	7	153,5	10	104	99
Dusitanový dusík [mg/l]	0,03	0,05	0,16	0,24	0,01	0,01
Dusičnanový dusík [mg/l]	1	2,3	0,9	4,1	1,9	1,2
Chsk <sub>Cr</sub> [mg/l]	2212	8,92	21,57	17,35	3551	187,7
pH	7,33	7,77	7,28	7,88	7,25	7,69
NL [mg/l]	20,35	8,35	19,2	9,1	26,9	8,2
RL [mg/l]	54,8	501,45	21	14	9,22	0,8
Celkové látky [mg/l]	75,15	509,8	40,2	23,1	36,12	9
Bsk <sub>5</sub> [mg/l]	123,6	4,2	94,2	7,3	186,1	60,05

Příloha 13: Výsledky terénního a laboratorního měření v srpnu 2014

Srpen	vtAKVAnov	vyAKVAnov	vtEKOL	vyEKOL	vtAKVAstar	vyAKVAstar
pH	7,56	7,59	7,18	7,83	7,53	7,67
konduktivita [ $\mu$ S]	1445	452	1140	471	1069	1092
rozp. Kyslík [mg/l]	1,4	12,9	1,1	11,6	1,6	5,2
teplota [ $^{\circ}$ C]	23,3	18	12,9	18,3	21,8	22,1
Fosfor [mg/l]	29,5	10,4	46	11	86	11,6
Amoniakální dusík [mg/l]	82,5	2	79	1	53	52,5
Dusitanový dusík [mg/l]	0,08	0,04	0,14	0,08	0,18	0,15
Dusičnanový dusík [mg/l]	1,3	1,7	0,4	0,9	0,8	0,4
Chsk <sub>Cr</sub> [mg/l]	4086	13,01	253,43	12,41	4215	178,09
pH	7,22	7,8	7,16	7,87	6,94	7,46
NL [mg/l]	25,2	7,7	10	2,3	20,55	13,95
RL [mg/l]	15,8	4,5	10	6	28,3	15,5
Celkové látky [mg/l]	41	12,2	20	8,3	48,85	29,45
Bsk <sub>5</sub> [mg/l]	226,2	1,8	132,2	7,6	578,2	6,24

## Příloha 14: Výsledky terénního a laboratorního měření v září 2014

2014 září	vtAKVAnov	vyAKVAnov	vtEKOL	vyEKOL	vtAKVAstar	vyAKVAstar
pH	7,972	8,355	7,556	8,358	7,75	7,9
konduktivita [ $\mu$ S]	1362	456	1287	472	1280	1280
rozp. Kyslík [mg/l]	0,8	10,8	1,3	11,2	1,2	10,3
teplota [ $^{\circ}$ C]	20,4	17,9	20,6	17,1	18,2	18,7
Fosfor [mg/l]	108,9	10,4	107,36	4,9	154,9	72,1
Amoniakální dusík [mg/l]	117,2	12,2	136,5	10,9	150,67	123,5
Dusitanový dusík [mg/l]	0,12	0,07	0,1	0,12	0,3	0,7
Dusičnanový dusík [mg/l]	3,1	6,2	0,4	4,4	1,8	2,2
Chsk <sub>Cr</sub> [mg/l]	126,2	3,24	237,74	2,79	5885,7	251,88
pH	7,75	7,97	7,23	8,06	7,27	7,67
NL [mg/l]	22	2,4	11	0,2	19,74	11,06
RL [mg/l]	10,3	4,3	6,1	3,2	4,84	1
Celkové látky [mg/l]	32,3	6,7	17,1	3,4	24,58	12,06
Bsk <sub>5</sub> [mg/l]	67,2	1,7	143,4	0,23	3541,2	46,12